

LEHRBUCH

DER

ZOOLOGIE

VON

DR. RICHARD HERTWIG,

O. Ö. PROF. DER ZOOLOGIE UND VERGL. ANATOMIE A. D. UNIVERSITÄT MÜNCHEN.

MIT 568 ABBILDUNGEN.

ZWEITE REVIDIRTE UND THEILWEISE UMGEARBEITETE AUFLAGE.

JENA.

VERLAG VON GUSTAV FISCHER.

1893.

Vorrede.

Das vorliegende Lehrbuch soll in erster Linie den Anfänger in das Studium der wissenschaftlichen Zoologie einführen und denen, welche der Zoologie als Hilfswissenschaft bedürfen, die Grundzüge derselben in knapper Fassung bieten. Es würde aber den Verfasser freuen, wenn es dem Buch vergönnt sein sollte, noch weiteren Einfluss zu gewinnen und in den Kreisen gebildeter Laien, welche vielfach schon jetzt den Lebenserscheinungen der Thiere lebhafte Theilnahme entgegenbringen, auch für die Gesetzmässigkeit in der thierischen Organisation und Entwicklung regeres Interesse wachzurufen. Denn so sehr auch einige cardinale Fragen der Zoologie, wie z. B. die Descendenzlehre, in der Neuzeit in weitere Volksschichten eingedrungen sind, so wenig hat die Kenntniss vom Bau der Thierwelt grössere Ausbreitung gefunden; und doch kann nur von einer Ausbreitung dieser Kenntniss erwartet werden, dass sich allmählig eine unbefangene Auffassung von der Stellung des Menschen im Naturganzen Bahn bricht.

Ein zur Einführung und ersten Orientirung dienendes Buch muss sich in der Auswahl des Stoffes Beschränkung auferlegen; es soll ein Gesammtbild entwerfen, in welchem die Grundzüge nicht durch allzu viel Einzelheiten verdeckt werden. Eine solche Beschränkung war schon in den Partien nothwendig, welche die anatomischen und entwicklungsgeschichtlichen Merkmale der grösseren Abtheilungen des Thierreichs, der Stämme, Classen und Ordnungen, behandeln; noch mehr war sie in den systematischen Abschnitten geboten. Bei dem ausserordentlichen Umfang der systematischen Zoologie muss es Specialwerken über die einzelnen Classen und Ordnungen vorbehalten bleiben, die genauere Kenntniss auch nur der bekannteren einheimischen Arten und Familien zu vermitteln. Was in diesem Buche geboten wird, kann nur den Zweck haben, einige besonders auffällige und charakteristische Formen als Beispiele für die anatomischen und entwicklungsgeschichtlichen Darstellungen aufzuführen.

Von dieser Regel wurde nur an wenigen Stellen eine Ausnahme gemacht, wo es sich um Thiere handelte, welche durch Eigenthümlichkeiten des Baues oder der Entwicklung ein besonderes Interesse beanspruchen oder durch ihre Lebensweise, sei es schädlich, sei es förderlich, in die Existenzbedingungen des Menschen eingreifen. Wenn die wichtigsten Arten und Familien der Parasiten des Menschen und der

Hausthiere etwas ausführlicher berücksichtigt worden sind, so wird dies nicht nur dem Mediciner, sondern auch dem Landwirth, dem zukünftigen Lehrer der Naturwissenschaften, ja einem jeden Laien willkommen sein.

Ein weiterer Gesichtspunkt, auf welchen bei der Abfassung des Lehrbuchs grosser Werth gelegt wurde, sei hier ebenfalls noch hervorgehoben. Noch mehr als in anderen Wissenschaften sind in den Naturwissenschaften alle Begriffe, mit denen der Leser keine klaren Vorstellungen verbinden kann, werthlos; dem Anfänger gegenüber kann nicht eindringlich genug betont werden, dass er nicht von dem Auswendiglernen von Namen, sondern von der lebendigen Kenntniss der Erscheinungen Förderung zu erwarten hat. Deshalb darf aber auch ein Lehrbuch keine Bezeichnungen, welche dem Lernenden nothwendigerweise noch unbekannt sein müssen, anwenden, ohne sie zu erläutern. Es ist besser, weniger zu bieten, dieses Wenige aber vollkommen zu erklären, als im Aufbau der Kenntnisse Lücken und Unklarheiten zu lassen. Gerade in dieser Hinsicht ist die vom Einfachen zum Complicirten aufsteigende genetische Methode, welche besonders durch die Descendenztheorie zur herrschenden geworden ist, didaktisch von der grössten Bedeutung geworden. Es braucht daher kaum hervorgehoben zu werden, dass dieses Lehrbuch ganz im Geist der Entwicklungslehre geschrieben ist, auch da, wo keine specielle Nutzanwendung von derselben gemacht wurde.

Um den Text besser verständlich zu machen, sind dem Lehrbuch zahlreiche Figuren beigegeben, auf deren Auswahl Dank dem liberalen Entgegenkommen des Herrn Verlegers besondere Sorgfalt verwandt werden konnte. Ein Theil derselben konnte aus anderen Lehrbüchern und aus wissenschaftlichen Werken entlehnt werden; ihre Herkunft findet der Leser angegeben auch dann, wenn sie für die Zwecke des Lehrbuchs in geeigneter Weise weiter ausgeführt oder modificirt worden sind. Zahlreiche Originalzeichnungen waren namentlich bei den anatomischen Darstellungen nothwendig, zumeist aus didaktischen Rücksichten. Für ein Lehrbuch ist es von Wichtigkeit, dass bei den Abbildungen die Organe, soweit es möglich ist, vollständig und in ihren genauen Lagebeziehungen zu einander dargestellt werden. Von diesem Gesichtspunkt aus wird der Fachgenosse es begreiflich finden, wenn manche ältere verdienstvolle Zeichnungen, welche in alle Lehrbücher Eingang gefunden haben, den genannten Ansprüchen aber nicht entsprechen, wie z. B. die Anatomieen von Ascidien, Salpen, Cephalopoden, Schnecken, Cladoceren etc., durch neue ersetzt worden sind.

Für die gute Ausführung der Zeichnungen bin ich Herrn Universitätszeichner Krapf, für ihre sorgfältige und rasche Vervielfältigung der Anstalt für Zinkotypie von Meisenbach & Co. zu grossem Danke verpflichtet; ferner habe ich Herrn Dr. Hofer für seine Theilnahme am Lesen der Correcturbogen an dieser Stelle besten Dank zu sagen.

München, im October 1891.

Richard Hertwig.

Vorrede zur zweiten Auflage.

Aus dem Umstand, dass schon innerhalb Jahresfrist eine zweite Auflage dieses Lehrbuchs nothwendig geworden ist, kann ich wohl entnehmen, dass die allgemeine Anlage des Buches eine zweckmässige war. An derselben habe ich daher nichts Wesentliches geändert. Wohl aber habe ich mich bei erneuter Durchsicht überzeugt, dass die Ausführung im Einzelnen vielfach der Verbesserung bedurfte, und habe demgemäss alle Theile einer Revison unterzogen und grössere und kleinere Abschnitte völlig umgearbeitet.

Herr Prof. Th. Boveri und Herr Privatdocent Dr. Br. Hofer haben mir beim Lesen der Correcturen freundlichen Beistand geleistet. Beiden Herren sage ich hiermit meinen besten Dank.

Meran, im April 1893.

Richard Hertwig.

Inhaltsverzeichniss.

Seite

Einleitung 1

Geschichte der Zoologie 5

Entwicklung der systematischen Zoologie 6
Entwicklung der Morphologie 9
Reform des Systems 14
Geschichte der Descendenztheorie 15
Darwin'sche Theorie 20

Allgemeine Zoologie 45

I. **Allgemeine Anatomie** 46
1. Die Formbestandtheile des thierischen Körpers 46
2. Die Gewebe des thierischen Körpers 56
1. Epithelgewebe 57
2. Bindesubstanzen 66
3. Muskelgewebe 71
4. Nervengewebe 74
Zusammenfassung 76
3. Umbildung der Gewebe zu Organen 78
Vegetative Organe 80
A. Organe der Ernährung 80
I. Darm 81
II. Respirationsorgane 84
III. Circulationsorgane 85
IV. Excretionsorgane 90
B. Geschlechtsorgane 91
Animale Organe 94
I. Fortbewegungsorgane 94
II. Nervensystem 95
III. Sinnesorgane 97
Zusammenfassung 102
4. Promorphologie 103

II. **Allgemeine Entwicklungsgeschichte** 107
1. Generatio spontanea 107
2. Tocogonie 109
a) Ungeschlechtliche Fortpflanzung 109
b) Geschlechtliche Fortpflanzung 110
c) Combinirte Fortpflanzungsweisen 111
Allgemeine Erscheinungen der geschlechtlichen Fortpflanzung . . 113
1. Eireife 114
2. Befruchtung 115
3. Furchungsprocess 118
4. Bildung der Keimblätter 122
5. Verschiedene Formen der geschlechtlichen Entwicklung . . 125
Zusammenfasssung 127

Seite
III. **Beziehungen der Thiere zu einander** 129
1. Beziehungen zwischen Individuen derselben Art 130
2. Beziehungen zwischen Individuen verschiedener Arten 132
IV. **Thier und Pflanze** 135
V. **Geographische Verbreitung der Thiere** 137
Specielle Zoologie 142
I. Stamm. **Protozoen** 142
I. Classe. Rhizopoden 146
I. Ordn. Moneren 148
II. Ordn. Amöbinen 149
III. Ordn. Heliozoen 150
IV. Ordn. Radiolarien 152
V. Ordn. Thalamophoren 156
VI. Ordn. Mycetozoen 158
II. Classe. Flagellaten 159
I. Ordn. Autoflagellaten 160
II. Ordn. Dinoflagellaten 161
III. Ordn. Cystoflagellaten 162
III. Classe. Ciliaten 163
I. Ordn. Holotrichen 167
II. Ordn. Heterotrichen 168
III. Ordn. Peritrichen 168
IV. Ordn. Hypotrichen 169
V. Ordn. Suctorien 170
IV. Classe. Gregarinarien 171
Zusammenfassung 174
Anhang 175
Metazoen 176
II. Stamm. **Coelenteraten** 177
I. Unterstamm. Spongien 178
I. Classe. Poriferen 178
I. Ordn. Calcispongien 181
II. Ordn. Myxospongien 181
III. Ordn. Ceraospongien 182
IV. Ordn. Silicispongien 182
II. Unterstamm. Cnidarien 183
II. Classe. Hydrozoen 184
I. Unterclasse. Hydromedusen 185
I. Ordn. Hydrarien 193
II. Ordn. Hydrocorallinen 193
III. Ordn. Tubularien, Anthomedusen 193
IV. Ordn. Campanularien, Leptomedusen 193
V. Ordn. Trachymedusen 194
VI. Ordn. Siphonophoren 194
II. Unterclasse. Scyphomedusen 196
I. Ordn. Stauromedusen 200
II. Ordn. Peromedusen 200
III. Ordn. Cubomedusen 200
IV. Ordn. Discomedusen 201
III. Classe. Anthozoen 201
I. Ordn. Alcyonarien, Octocorallien 207
II. Ordn. Zoantharien, Hexacorallien 207
IV. Classe. Ctenophoren 209
Zusammenfassung 212
III. Stamm. **Würmer** 215
I. Unterstamm. Scoleciden 219
I. Classe. Plathelminthen 219
I. Ordn. Turbellarien 221
II. Ordn. Trematoden 223
III. Ordn. Cestoden 229
IV. Ordn. Nemertinen 240
II. Classe. Rotatorien 242
II. Unterstamm. Coelhelminthen 243
III. Classe. Chaethognathen 243

Seite
IV. Classe. Nemathelminthen 245
I. Ordn. Nematoden 245
II. Ordn. Acanthocephalen 250
V. Classe. Anneliden 251
I. Unterclasse. Chaetopoden 252
I. Ordn. Polychaeten 256
II. Ordn. Oligochaeten 258
II. Unterclasse. Gephyreen 259
III. Unterclasse. Hirudineen 261
VI. Classe. Enteropneusten 264
III. Anhang 265
VII. Classe. Tunicaten 265
I. Ordn. Appendicularien 266
II. Ordn. Ascidiaeformes 267
III. Ordn. Salpaeformes 270
VIII. Classe. Bryozoen 272
I. Ordn. Entoprocten 273
II. Ordn. Ectoprocten 273
IX. Classe Brachiopoden 275
Zusammenfassung 278
IV. Stamm. **Echinodermen** 281
I Classe. Asteroideen 285
I. Ordn. Stelleroideen 288
II. Ordn. Ophiuroideen 288
II. Classe. Crinoideen 289
Anhang Cystoideen, Blastoideen 291
III. Classe. Echinoideen 292
I. Ordn. Regulares 294
II. Ordn. Irregulares 294
IV. Classe. Holothurien 295
I. Ordn. Pedaten 297
II. Ordn. Apodes 297
Zusammenfassung 297
V. Stamm. **Mollusken** 299
I. Classe. Amphineuren 303
II. Classe. Lamellibranchier 304
I. Ordn. Asiphonier 311
II. Ordn. Siphoniaten 312
III. Classe. Cephalophoren 313
I. Ordn. Opisthobranchier 321
II. Ordn. Prosobranchier 322
III. Ordn. Heteropoden 324
IV. Ordn. Pteropoden 325
V. Ordn. Pulmonaten 325
VI. Ordn. Scaphopoden 326
IV. Classe. Cephalopoden 327
I. Ordn. Tetrabranchiaten 335
II. Ordn. Dibranchiaten 335
Zusammenfassung 336
VI. Stamm. **Arthropoden** 338
I. Unterstamm 348
I Classe. Crustaceen 348
I. Unterclasse. Entomostraken 353
I. Ordn. Copepoden 353
II. Ordn. Branchiopoden 356
III. Ordn. Ostracoden 360
IV. Ordn. Cirripedien 360
Anhang 364
V. Ordn. Xiphosuren 264
VI. Ordn. Trilobiten 365
VII. Ordn. Gigantostraken 366

Seite
II. Unterclasse. Malakostraken 366
I. Legion. Edriophthalmen 368
I. Ordn. Amphipoden 368
II. Ordn. Isopoden 370
II. Legion. Thoracostraken 371
I. Ordn. Schizopoden 372
II. Ordn. Stomatopoden 372
III. Ordn. Decapoden 373
II. Unterstamm. Tracheaten 379
II. Classe. Protracheaten 381
III. Classe. Myriapoden 382
I. Ordn. Diplopoden 383
II. Ordn. Chilopoden 384
IV. Classe. Insecten 385
I. Ordn. Apterygoten 398
II. Ordn. Archipteren 399
III. Ordn. Orthopteren 401
IV. Ordn. Neuropteren 403
V. Ordn. Coleopteren 404
VI. Ordn. Hymenopteren 406
VII. Ordn. Rhynchoten 409
VIII. Ordn. Dipteren 411
IX. Ordn. Aphanipteren 413
X. Ordn. Lepidopteren 413
V. Classe. Arachnoideen 415
I. Unterclasse. Arthrogastres 418
I. Ordn. Solpugen 418
II. Ordn. Phrynoideen 419
III. Ordn. Scorpionideen 419
IV. Ordn. Pseudoscorpionideen 420
V. Ordn. Phalangioideen 421
II. Unterclasse. Sphaerogastres 421
VI. Ordn. Araneen 421
VII. Ordn. Acarinen 424
VIII. Ordn. Linguatuliden 425
IX. Ordn. Tardigraden 426
Anhang. Pycnogoniden 427
Zusammenfassung 427
VII. Stamm. Wirbelthiere 431
I. Unterstamm. Anamnien 468
I. Classe. Acranier 468
II. Classe. Cyclostomen 471
III. Classe. Fische 473
I. Ordn. Elasmobranchier 486
II. Ordn. Ganoiden 489
III. Ordn. Teleostier 491
IV. Ordn. Dipneusten 495
IV. Classe. Amphibien 496
I. Ordn. Urodelen 502
II. Ordn. Anuren 503
III. Ordn. Gymnophionen 504
II. Unterstamm. Amnioten 504
V. Classe. Reptilien 505
I. Unterclasse. Lepidosaurier 509
I. Ordn. Saurier 510
II. Ordn. Ophidier 512
II. Unterclasse. Hydrosaurier 514
III. Ordn. Chelonier 515
IV. Ordn. Crocodilier 516
Anhang 517
VI. Classe. Vögel 518
I. Unterclasse Ratiten 526
I. Ordn. Cursores 526

Seite
II. Unterclasse Carinaten 526
II. Ordn. Gallinacei 527
III. Ordn. Columbinen 527
IV. Ordn. Natatores 528
V. Ordn. Grallatores 529
VI. Ordn. Scansores 529
VII. Ordn. Passeres 530
VIII. Ordn. Raptatores 530
III. Unterclasse. Odontornithes 531
IV. Unterclasse. Saururen 531
VII. Classe. Säugethiere 531
I. Unterclasse 544
I. Ordn. Monotremen 544
II. Unterclasse. Marsupialier 545
II. Ordn. Zoophagen 546
III. Ordn. Phytophagen 546
III. Unterclasse. Placentalier 547
IV. Ordn. Edentaten 548
V. Ordn. Cetomorphen 549
VI. Ordn. Ungulaten 550
VII. Ordn. Proboscidier 554
VIII. Ordn. Rodentien 555
IX. Ordn. Insectivoren 556
X. Ordn. Chiropteren 557
XI. Ordn. Carnivoren 557
XII. Ordn. Prosimien 559
XIII. Ordn. Primates 560
Zusammenfassung 562
Register 566

Einleitung.

Der Mensch, welcher vorurtheilsfrei die Natur zu beobachten gelernt hat, sieht sich inmitten einer bunten Mannichfaltigkeit von Organismen, welche ihm in ihrem Bau und mehr noch in ihren Lebenserscheinungen Aehnlichkeit mit dem eigenen Wesen verrathen. Die Aehnlichkeit tritt ihm bei vielen Säugethieren, besonders den menschenähnlichen Affen mit der Deutlichkeit einer Carricatur entgegen, verwischt sich bei den wirbellosen Thieren, lässt sich aber selbst bei den niedersten Lebewesen, deren Kenntniss wir der Hilfe des Microscops verdanken, noch nachweisen, wenn auch hier die Lebensvorgänge, welche in unserem Körper eine staunenswerthe Complication und Vollkommenheit erreicht haben, nur mittelst einer eingehenden Durchforschung in ihren einfachsten Grundzügen erkannt werden können. Der Mensch ist Theil eines grossen Ganzen, des Thierreichs, eine Gestalt unter den vielen Hunderttausenden von Gestalten, in denen die thierische Organisation zum Ausdruck gelangt.

Will man den Bau des Menschen daher vollkommen verstehen, so muss man ihn gleichsam auf dem Hintergrund, welchen die Organisationsverhältnisse der übrigen Thiere bilden, betrachten und zu dem Zweck diese Organisationsverhältnisse erforschen. Derartigen Bestrebungen vornehmlich verdankte die wissenschaftliche Thierkunde oder die Zoologie ihre Entstehung und fortdauernde Förderung; sie sind auch heute noch vollkommen berechtigt und dürfen von dem Zoologen nicht vernachlässigt werden. Allein inzwischen hat sich die Aufgabe der Zoologie erweitert; auch unabhängig von den Beziehungen zum Menschen hat der Zoologe die Organisationen der Thiere und das Verhältniss derselben zu einander zu erklären. Es ist das ein reiches Feld wissenschaftlicher Thätigkeit, dessen ungeheure Ausdehnung bedingt wird einerseits von der fast unerschöpflichen Mannichfaltigkeit der thierischen Organisation, andererseits von der Verschiedenartigkeit der Gesichtspunkte, mit denen der Zoologe an die Lösung seiner Aufgaben herantritt.

In der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts galt, wenn auch nicht ausschliesslich, so doch überwiegend, in wissenschaftlichen Kreisen die Auffassung, welche sich jetzt noch unter Laien als die herrschende erhalten hat, dass die Zoologie die Aufgabe habe, die einzelnen Thiere mit Namen zu belegen, nach wenigen leicht erkennbaren Merkmalen

zu charakterisiren und in einer die schnelle Bestimmung ermöglichenden übersichtlichen Weise anzuordnen. Unter Thierkunde verstand man Systematik der Thiere, das heisst nur einen Theil der Zoologie, sogar einen Theil von untergeordneter wissenschaftlicher Bedeutung. Diese Auffassungsweise ist im Lauf der letzten 4 Decennien mehr und mehr in den Hintergrund gedrängt worden; der Ehrgeiz, möglichst viele neue Formen beschrieben zu haben und durch ausgebreitete Artenkenntniss zu glänzen, gehört einer vergangenen Zeit an; man ist sogar dahin gelangt, die Systematik mehr als billig zu vernachlässigen. Um so mehr beherrschen Morphologie und Physiologie das Arbeitsgebiet des Zoologen.

Morphologie.

Die Morphologie oder die Formenlehre beginnt mit der Erscheinungsweise des Thieres und hat zunächst Alles zu beschreiben, was äusserlich erkannt werden kann, wie Grösse, Farbe, Proportion der Theile. Da aber die äussere Erscheinung eines Thieres sich nicht verstehen lässt ohne Kenntniss der inneren, die äusseren Formen bedingenden Organe, so muss der Morphologe mit Hilfe der Zergliederung, der Anatomie, sich diese ebenfalls zugängig machen und sie ebenfalls nach ihrer Form und Verbindungsweise schildern. Er macht mit dieser Untersuchung nicht eher Halt, als bis er an den morphologischen Elementen oder den feinsten Formtheilen des thierischen Körpers, den Zellen, angelangt ist. Ueberall hat es der Morphologe hierbei mit Formverhältnissen zu thun; nur die Hilfsmittel, mit denen er Einblick in dieselben gewinnt, sind verschieden, je nachdem er durch unmittelbare Beobachtung, oder nach vorhergegangener Zergliederung mit Messer und Scheere, oder gar durch Anwendung des Miscroscops die Erfahrungen sammeln muss. Daher ist es nicht gerechtfertigt, Morphologie und Anatomie einander gegenüber zu stellen und ersterer nur die Beschreibung der äusseren, letzterer die Schilderung der inneren Theile zuzuweisen. Diese Unterscheidung ist logisch nicht aufrecht zu erhalten, da die Art der Erkenntniss und die geistige Methode der Forschung in beiden Fällen die gleichen sind; die Unterscheidung ist ausserdem unnatürlich, da in vielen Fällen Organe, welche sonst in das Innere des Körpers verlagert sind und zu ihrer Erkenntniss eine anatomische Präparation voraussetzen, der Körperoberfläche angehören und einer directen Beschreibung zugängig sind, da ferner manche Thiere vermöge ihrer Durchsichtigkeit auch in ihren inneren Theilen ohne Zergliederung durchforscht werden können.

Vergleichende Anatomie.

Wie nun für jede Wissenschaft, so gilt auch für die Morphologie der Satz, dass die Anhäufung von Beobachtungsmaterial nicht ausreicht, um ihr den Charakter einer Wissenschaft zu geben, dass es dazu vielmehr noch der geistigen Verarbeitung bedarf. Eine solche wird durch die Vergleichung der anatomischen Befunde erzielt. Der Morphologe vergleicht die Thiere unter einander nach ihrem Bau, um zu ermitteln, was von Organisation überall wiederkehrt, was nur auf enge Kreise, vielleicht nur auf die Repräsentanten einer Art beschränkt ist. Er erzielt hierbei einen doppelten Gewinn; erstens erhält er einen Einblick in die Verwandtschaftsverhältnisse der Thiere und damit die Grundlage zu einer natürlichen Systematik; zweitens weist er eine die Organismen beherrschende Gesetzmässigkeit nach. Der einzelne Organismus ist nicht ein Gebilde, welches für sich entstanden und daher auch vollkommen aus sich heraus erklärbar ist; er steht vielmehr in einem gesetzmässigen Abhängigkeitsverhältniss zu den übrigen Gliedern

des Thierreichs. Man kann seinen Bau nur verstehen, wenn man ihn mit näher und weiter verwandten Thieren, z. B. den Menschen mit den übrigen Wirbelthieren und manchen niederen wirbellosen Formen, vergleicht. Es handelt sich hier um eine der räthselhaftesten Erscheinungen in der Organismenwelt, deren völlige Erklärung erst durch die Descendenztheorie angebahnt worden ist, wie bei der Darstellung der letzteren gezeigt werden soll.

Ontogenie. Zur Morphologie gehört als ein wichtiger integrirender Bestandtheil die Ontogenie oder die Entwicklungsgeschichte. Nur wenige Thiere sind am Anfang ihrer individuellen Existenz in allen ihren Theilen fertig gebildet; meist entstehen sie aus dem Ei, einem verhältnissmässig einfachen Körper, und gewinnen erst allmählig auf dem Weg complicirter Formwandlungen ihre bleibende Gestalt. Der Morphologe muss in möglichst lückenloser Reihe die einzelnen Formzustände durch Beobachtung feststellen, sie mit dem ausgebildeten Thiere und mit dem Bau und den Entwicklungsstadien anderer Thiere vergleichen. Hierbei offenbart sich ihm dieselbe Gesetzmässigkeit, welche den Bau der ausgebildeten Thiere beherrscht, deren Erkenntniss sowohl für die Systematik als auch für die ursächliche Erklärung der Thierformen von fundamentaler Bedeutung ist. Die Entwicklungszustände des Menschen verrathen gesetzmässig geregelte Uebereinstimmung nicht nur mit dem Bau des ausgebildeten Menschen, was an und für sich ja begreiflich wäre, sondern auch mit dem Bau niederer Wirbelthiere, wie der Fische, ja selbst vieler niederer Thiere aus den Gruppen der Wirbellosen.

Physiologie. Wie der Morphologe den Bau, so hat der Physiologe die Lebenserscheinungen des Thieres und die Functionen seiner Organe zu erforschen. Früher hielt man das Leben für die Aeusserung einer besonderen, nur in den Organismen thätigen Lebenskraft und verzichtete damit auf eine endgiltige Erklärung des Lebensprocesses. Die moderne Physiologie hat die Theorie von der Lebenskraft verlassen; sie hat den Versuch begonnen, das Leben in eine Summe äusserst complicirter chemisch-physikalischer Processe aufzulösen und somit die auf dem Gebiet des Anorganischen geltenden Erklärungsprincipien auch auf das Organismenreich zu übertragen. Die Erfolge, welche auf diese Weise erreicht worden sind, lassen erkennen, dass der eingeschlagene Weg der richtige ist.

Da jede organische Form ein Product ihrer Entwicklung ist, da ferner die Entwicklung sich uns als eine Summe mannichfaltigster Lebensprocesse darstellt, so ist die Erklärung der organischen Körperformen in letzter Instanz auch ein physiologisches Problem, freilich ein Problem, dessen Lösung noch in unendlich weiter Zukunft liegt. Was in dieser Richtung thatsächlich geleistet worden ist, bewegt sich in den allerdürftigsten Anfängen und ist äusserst wenig, selbst im Vergleich zu dem, was Vielen schon fälschlicherweise als erreicht erscheint.

Biologie. Insofern als für jeden Organismus die Beziehungen zur Aussenwelt durch seine Lebensäusserungen vermittelt werden, gehört zur Physiologie, oder reiht sich ihr wenigstens an, die Lehre von den Existenzbedingungen der Thiere, die Oekologie, vielfach auch die Biologie genannt. Diese Disciplin hat besonders in der Neuzeit eine hervorragende Bedeutung gewonnen. Wie sich die Thiere über den Erdball verbreiten, wie Klima und Bodenbeschaffenheit ihre Verbreitung beeinflussen, wie durch die genannten Factoren Bau und Lebensweise der

Thiere verändert werden, das sind Fragen, welche jetzt mehr denn je erörtert werden.

Paläozoologie.

Schliesslich gehört in das Gebiet der Zoologie auch die Paläozoologie oder die Paläontologie, die Lehre von den ausgestorbenen Thieren. Denn zwischen ausgestorbenen und lebenden Thieren besteht ein genetischer Zusammenhang; jene sind die Vorläufer von diesen und ihre Versteinerungen die sichersten Documente der Geschichte der Thierwelt, der Stammesgeschichte oder der Phylogenie. Wie in menschlichen Dingen der derzeitige Zustand sich nur historisch vollkommen begreifen lässt, so muss auch vielfach der Zoologe zur Erklärung der lebenden Thierwelt die Resultate der Paläontologie heranziehen.

In der hier erläuterten Weise würde die Zoologie zu umgrenzen sein, wenn man sich ausschliesslich von wissenschaftlichen Gesichtspunkten aus leiten lassen wollte. Praktische Rücksichtsnahmen haben jedoch manche Modificationen nöthig gemacht. Wegen ihrer hervorragenden Bedeutung für die Medicin haben sich menschliche Anatomie und Entwicklungsgeschichte zu selbständigen Wissenszweigen ausgebildet. Von einer Thierphysiologie sind nur die allgemeinsten Grundzüge entworfen; eine speciellere Physiologie existirt nur für den Menschen und die ihm nahestehenden Wirbelthiere; sie ist aus den genannten Gründen ebenfalls zu einer besonderen Disciplin geworden. Auch die Paläontologie hat neben ihren specifisch zoologischen Aufgaben die Bedeutung einer Hilfswissenschaft für die Geologie erhalten, indem sie die Materialien zur Charakteristik und Abgrenzung der einzelnen Erdperioden und der den Perioden entsprechenden Erdschichten liefert. Wenn man daher jetzt von Zoologie spricht, so hat man vorwiegend Morphologie und Systematik der lebenden Thiere mit Berücksichtigung ihrer allgemeinen Lebenserscheinungen im Sinne.

Die Anschauungen, welche ich hier vom Wesen der Zoologie ausgesprochen habe, sind nicht zu allen Zeiten dieselben gewesen. Wie jede Wissenschaft, so hat auch die Zoologie sich allmählig entwickelt; es wechselten mit einander Zeiten und Strömungen, in denen die systematische oder die morphologische oder die physiologische Betrachtungsweise der Thiere vorherrschte. Es ist nun von hohem Interesse, einen kurzen Ueberblick von den wichtigsten Entwicklungsphasen der Zoologie zu gewinnen. Der Leser wird den Fragen, welche jetzt die zoologische Forschung beherrschen, ein erhöhtes Verständniss entgegen bringen, wenn er weiss, wie sie sich historisch herausgebildet haben.

Geschichte der Zoologie.

In der Geschichte der Zoologie kann man zwei grosse Strömungen unterscheiden, welche in einzelnen Männern sich berührt oder vereinigt haben, welche aber im Grossen und Ganzen sich doch unabhängig, vielfach sogar in ausgesprochenem Gegensatz zu einander entwickelt haben; es sind dies einerseits die systematische, andererseits die morphologisch-physiologische Betrachtungsweise der Thiere. Wir werden sie in diesem kurzen geschichtlichen Ueberblick der Klarheit halber auseinander halten müssen, wenn auch der Gegensatz beider Richtungen in den Anfängen der zoologischen Forschung noch fehlte und auch später sich vielfach verwischt hat.

Aristoteles.

Mit dem Ehrennamen eines „Vaters der Naturgeschichte" hat man den grossen griechischen Philosophen Aristoteles geziert und damit zum Ausdruck gebracht, dass die Bruchstücke des zoologischen Wissens seiner Vorgänger nicht in Vergleich gesetzt werden können mit dem wohlgeordneten Bau, in welchem Aristoteles seine und seiner Vorgänger Kenntnisse vom Wesen der Thiere zusammengefasst hat. In Aristoteles vereinigten sich günstige äussere Bedingungen mit günstiger geistiger Beanlagung. Ausgerüstet mit den literarischen Hilfsquellen einer umfangreichen Bibliothek und den für naturhistorische Untersuchungen damals noch mehr als jetzt unerlässlichen Geldmitteln, vertrat er die inductive Methode, welche allein im Stande ist auf dem Gebiete der Naturwissenschaften sichere Fundamente zu liefern. Seine zoologisch wichtigsten, leider nur zum Theil erhaltenen Werke sind die „Historia animalium", „De partibus" und „De generatione", drei Werke, in welchen die Zoologie als eine universelle Wissenschaft begründet wurde, indem Anatomie und Entwicklungsgeschichte, Physiologie und Systematik gleichmässig Berücksichtigung fanden. Wie weit Aristoteles — selbstverständlich neben vielem Irrthümlichen — in der richtigen Erkenntniss des Baues und der Entwicklungsweise der Thiere gelangt ist, wird am schlagendsten der Hinweis erläutern, dass manche seiner Entdeckungen erst in diesem Jahrhundert ihre Bestätigung gefunden haben. So wusste Aristoteles, was erst von Joh. Müller wieder neu entdeckt worden ist, dass manche Haie nicht nur lebendig gebären, sondern dass bei ihnen auch der Embryo im Uterus der Mutter festwächst und eine an die Placenta der Säugethiere und des Menschen erinnernde Nährvorrichtung bildet; er kannte den Unterschied männlicher und weiblicher Cephalopoden und dass die jungen Tintenfische einen mundständigen Dottersack besitzen.

Von grossem Interesse ist, wie sich Aristoteles zur Systematik der Thiere verhält; er erwähnt in seinen Schriften die stattliche Zahl von etwa 500 Thierarten; da er sehr bekannte Formen wie Dachs, Libelle etc. nicht nennt, kann man mit Sicherheit annehmen, dass ihm sehr viel mehr noch bekannt waren, dass es ihm nicht nothwendig erschien, alle ihm bekannten Formen aufzuführen, dass er sie nur nannte, wenn es ihm darauf ankam, gewisse physiologische oder morphologische Verhältnisse an ihnen zu erläutern.

Dieses Zurücktreten des systematischen Interesses kommt auch darin zum Ausdruck, dass der grosse Philosoph sich mit 2 systematischen Kategorien begnügte, mit *εἶδος*, Species oder Art und *γένος* oder Gruppe. Seine acht *γένη μέγιστα* würden etwa den Classen der modernen Zoologie entsprechen; sie sind Ausgangspunkt aller späteren Classificationsversuche geworden und mögen daher hier aufgeführt werden:

1. Säugethiere (*ζῳοτοκοῦντα ἐν αὑτοῖς*),
2. Vögel (*ὄρνιθες*),
3. Eierlegende Vierfüssler (*τετράποδα ᾠοτοκοῦντα*),
4. Fische (*ἰχθύες*),
5. Weichthiere (*μαλάκια*),
6. Kruster (*μαλακόστρακα*),
7. Insekten (*ἔντομα*),
8. Schalthiere (*ὀστρακοδέρματα*).

Auch die Zusammengehörigkeit der vier ersten Gruppen hat Aristoteles herausgefühlt, indem er sie, ohne allerdings damit eine Eintheilung durchführen zu wollen als Blutthiere *ἔναιμα* (besser Thiere mit rothem Blut) den Blutlosen *ἄναιμα* (besser Thiere mit farblosem oder gar keinem Blut) gegenüber stellt.

Entwicklung der systematischen Zoologie.

Plinius. Es ist eine höchst überraschende Erscheinung, dass im Anschluss an die Schriften des Aristoteles, in denen die Systematik zurücktritt und nur dazu dient, die anatomischen Verwandtschaftsverhältnisse der Thiere zum Ausdruck zu bringen, sich eine exclusiv systematische Richtung entwickelt hat. Die Erscheinung ist nur verständlich, wenn man berücksichtigt, dass es sich hier nur um ein äusserliches Anknüpfen handelt, dass dagegen die geistige Continuität der Forschung vollkommen unterbrochen war einerseits durch den Verfall und schliesslich gänzlichen Zusammenbruch der Bildung des classischen Alterthums, andererseits durch das siegreiche Vordringen der christlichen Weltauffassung. Den Verfall der eben erst aufgeblühten zoologischen Forschung bekunden schon die Schriften des Plinius. Nachdem der römische Feldherr und Gelehrte lange Zeit als ein hervorragender Zoologe des Alterthums gefeiert worden ist, räumt man ihm jetzt nur noch die Stelle eines nicht einmal glücklichen Compilators ein, der aus anderen Schriften kritiklos Richtiges und Fabulöses zusammengetragen und die naturgemässe Classification der Thiere nach ihrem Bau durch die unnatürliche, rein äusserliche Eintheilung nach ihrem Aufenthaltsort (Flugthiere, Landthiere, Wasserthiere) ersetzt hat.

Was weiter das Auftreten des Christenthums anlangt, so hatte dasselbe zunächst eine vollkommene Vernichtung des naturwissenschaftlichen Wissens und Forschens zur Folge. Der weltflüchtige Charakter, welcher von Haus aus der christlichen Weltauffassung eigenthümlich war, führte naturgemäss zu einer feindseligen Stimmung gegen jede geistige Beschäftigung mit natürlichen Dingen. Es kam eine Zeit, in der man Fragen, welche durch die einfachste Beobachtung gelöst werden konnten, durch mühsames gelehrtes Durchstöbern der Werke massgebender Autoren zu entscheiden suchte. Wie viel Zähne das Pferd besitzt, wurde in vielen Streitschriften abgehandelt, welche das schwere Geschütz der Autoren in das Feld führten, ohne dass aber einer der Gelehrten Veranlassung genommen hätte, einem Pferde in das Maul zu sehen. Bezeichnend für diese das ganze Mittelalter beherrschende Geistesrichtung ist der Physiologus oder Bestiarius, ein Buch, aus welchem die Verfasser mittelalterlicher zoologischer Schriften vielfach geschöpft haben. Das Buch nennt in seinen verschiedenen Auflagen und Ausgaben etwa 70 Thiere, darunter viele Fabelwesen: Drache, Einhorn, Phönix etc. Auch sind die über die einzelnen Thiere mitgetheilten Erzählungen zumeist Fabeln, erfunden um religiöse oder ethische Lehren zu erläutern. In gleicher Weise spielt das religiöse Moment eine wichtige Rolle in den bändereichen Naturgeschichten der Dominicaner Albertus Magnus und Vincentius Bellovacensis und des Augustiners Thomas Cantipratensis, wenn auch dieselben im Uebrigen die lateinische Uebersetzung des Aristoteles, die Werke des Plinius und anderer Autoren des Alterthums bei ihrer Darstellung als Grundlage benutzten. **Zoologie des Mittelalters.**

Unter solchen Verhältnissen musste man es als einen gewaltigen Fortschritt betrachten, dass man nach Ausgang des Mittelalters, als das Interesse der wissenschaftlichen Forschung von Neuem erwachte, auf die ausschliesslich von naturwissenschaftlichen Gesichtspunkten geleitete Betrachtungsweise des Aristoteles zurückgriff. In diesem Sinn kann als ein Erneuerer des Aristoteles der Engländer Wotton bezeichnet werden, welcher 1552 sein Werk „de differentiis animalium“ schrieb, in dem er das System des Aristoteles im Wesentlichen copirte, nur dass er die Gruppe der Pflanzenthiere oder Zoophyten neu aufnahm. Indessen schon der Titel „über die unterscheidenden Merkmale der Thiere“ lässt erkennen, dass von dem reichen Schatz des aristotelischen Wissens vorwiegend die systematischen Resultate Aufnahme gefunden haben, und so inaugurirt denn auch das Werk Wotton's die Periode der systematischen Zoologie, welche in dem Engländer Ray, noch mehr aber in Linné ihre glänzendsten Vertreter gefunden hat. **Wotton.**

Linné, Sprössling einer schwedischen Pfarrersfamilie, welche ihren Namen „Ingemarsson“ nach einer Linde an dem Pfarrhaus in Lindelius verwandelt hatte, wurde im Jahre 1707 in Rashult geboren. Von seinen Lehrern für untauglich zum Studium erklärt, wurde er durch den Einfluss eines Arztes, der die glänzenden Gaben des Knaben richtig erkannte, vor dem Schicksal, das Schusterhandwerk zu lernen, bewahrt und für das medicinische Studium gewonnen. Er studirte in Lund und Upsala, machte als junger Mann von 28 Jahren ausgedehnte Reisen nach dem Continent und errang sich schon damals die Anerkennung der hervorragendsten Fachgenossen; 1741 wurde er Professor der Medicin in Upsala, wenige Jahre später Professor der Naturgeschichte. Sein Tod erfolgte im Jahre 1778. **Linné.**

Linné's wichtigstes Werk ist sein „Systema Naturae“, welches

im Jahre 1735 in erster, im Jahre 1766—68 in XII. Auflage erschien und sogar nach seinem Tode eine letzte (XIII.) von Gmelin besorgte Auflage erlebte. Dasselbe ist Grundlage geworden für die systematische Zoologie, indem es zum ersten Mal 1) eine schärfere Gliederung des Systems, 2) eine bestimmte wissenschaftliche Terminologie, die binäre Nomenclatur, und 3) kurz gefasste klare Diagnosen einführte. Bei der Gliederung des Systems verwandte Linné 4 Kategorien; er theilte das ganze Thierreich in Classen, die Classen in Ordnungen, diese in Genera, die Genera endlich in Arten ein; der Begriff der Familie war dem Systema Naturae fremd. Noch wichtiger war die binäre Nomenclatur. Bis dahin waren in der wissenschaftlichen Welt die Vulgärnamen üblich, was zu vielen Missständen geführt hatte; dieselben Thiere wurden mit verschiedenen, verschiedenartige Thiere mit gleichem Namen belegt; in der Benennung neu entdeckter Thiere herrschte kein allgemein giltiges Princip. Diese Uebelstände wurden von Linné in der X. Auflage seines Systema vollkommen beseitigt durch Einführung einer besonderen wissenschaftlichen Benennung. Ein vorangestelltes Hauptwort bezeichnet die Gattung, zu welcher das Thier gehört, ein zugefügtes zweites Wort, meist ein Adjectiv, die jedesmalige Art innerhalb der Gattung. Die Namen Canis familiaris, Canis lupus, Canis vulpes sagen aus, dass Hund, Wolf und Fuchs einander nahe stehen, indem sie zu derselben Gattung, zur Gattung der hundeähnlichen Thiere, gehören, innerhalb deren sie besondere Arten bilden. Die Linné'sche Benennungsweise war namentlich bei der Beschreibung neuer Arten von grosser Bedeutung, insofern sie den Leser gleich von Anfang darüber orientirte, in welche verwandtschaftlichen Beziehungen die neue Species zu bringen sei.

Bei der Charakteristik der einzelnen systematischen Gruppen brach Linné vollkommen mit dem bis dahin üblichen Brauch. Seine Vorgänger, wie Gessner, Aldrovandi, hatten in ihren Naturgeschichten von jedem Thier eine langathmige und ausführliche Schilderung gegeben, in welcher das, was besonders charakteristisch für das Thier war und bei seiner Bestimmung vornehmlich Berücksichtigung verlangte, für den Anfänger kaum herauszufinden war. Dagegen führte Linné kurze Diagnosen ein, welche in wenigen, nicht einmal in Satzform gefassten Worten nur das zum Erkennen Nothwendige enthielten. Damit war der Weg gefunden, mittelst dessen es möglich wurde, bei der enorm wachsenden Zahl bekannter Thiere die Uebersichtlichkeit zu bewahren.

In den hier zur Genüge hervorgehobenen grossen Vorzügen der Linné'schen Systematik lagen nun aber gleichzeitig auch die Keime zu der einseitigen Entwicklung, welche unter dem Einfluss Linné's die Zoologie genommen hat. Die unzweifelhaft nothwendig gewordene logische Durchbildung der Systematik machte diese zu einer glänzenden Erscheinung, welche darüber täuschte, dass sie nicht Endzweck der Forschung, sondern nur ein wichtiges und unentbehrliches Hilfsmittel derselben sei. In der Freude, die Thiere zu benennen und zu classificiren, ging das höhere Ziel der Forschung, das Wesen des Thieres zu erkennen, verloren, und es erlahmte das Interesse für Anatomie, Physiologie und Entwicklungsgeschichte.

Man kann diese Vorwürfe dem Vater der Richtung, Linné, selbst nicht ersparen. Indem er in seinem Systema Naturae eine ausserordentlich viel grössere Zahl von Thierarten bewältigte als irgend ein früherer

Zoologe, hat er keine Vertiefung unserer Kenntnisse herbeigeführt. Die Art, wie er das Thierreich eintheilte, ist im Vergleich zum Aristotelischen System eher ein Rückschritt als ein Fortschritt zu nennen. Linné theilte das Thierreich in 6 Classen: Mammalia, Aves, Amphibia, Pisces, Insecta, Vermes. Die 4 ersten Classen entsprechen den 4 Gruppen der Blutthiere des Aristoteles; mit der Eintheilung der wirbellosen Thiere in Vermes und Insecta steht Linné unzweifelhaft hinter Aristoteles zurück, welcher, zum Theil sogar mit Glück, versucht hatte, eine grössere Anzahl von Gruppen aufzustellen.

Linné's Nachfolger.

Noch mehr aber als bei Linné treten uns die Schäden der systematischen Betrachtungsweise bei seinen Nachfolgern entgegen. Linné's Diagnosen waren ebensoviel Schablonen, welche mutatis mutandis mit leichter Mühe auf neue Arten angewandt werden konnten. Es bedurfte dazu nur des Austausches der die Unterschiede zum Ausdruck bringenden Beiworte. Bei den 100 Tausenden verschiedener Thierarten, namentlich Insectenarten, fehlte es nicht an Material, und so war die Arena geebnet für die geistlose Specieszoologie, welche in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts die Zoologie im Kreise der Gebildeten in Misscredit gebracht hat. Es wäre Gefahr gewesen, dass die Zoologie sich zu einem babylonischen Thurmbau von Artbeschreibungen ausgewachsen hätte, wenn nicht durch das Erstarken der physiologisch-anatomischen Betrachtungsweise ein Gegengewicht geschaffen worden wäre.

Entwicklung der Morphologie.

Anatomen des classischen Alterthums.

Die vergleichende Anatomie — denn um diese handelt es sich hier vornehmlich — hat ihre Ausbildung lange Zeit über vorwiegend den Vertretern der menschlichen Anatomie zu verdanken gehabt, womit es denn zusammenhing, dass bis in die Neuzeit die vergleichende Anatomie zu der medicinischen Facultät gerechnet wurde, während die Zoologie, als ob sie eine ganz andere Disciplin wäre, der philosophischen Facultät angehörte. — Schon die Schüler des Hippocrates trieben Thieranatomie, um sich nach dem Bau anderer Säugethiere ein Bild von der Organisation des Menschen zu machen und damit eine sichere Unterlage für die Diagnose der menschlichen Krankheiten zu gewinnen. Das in dieser Hinsicht hervorragendste Werk des classischen Alterthums, die berühmte menschliche Anatomie des Claudius Galenus (131—201 n. Chr.) stützte sich vorwiegend auf Beobachtungen, welche an Hunden, Affen etc. gesammelt worden waren. Denn im Alterthum und später auch im Mittelalter hielt eine begreifliche Scheu den Menschen zurück, den menschlichen Leichnam zum Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen zu machen.

Mittelalter.

Auch für die Anatomie erwies sich das erste Jahrtausend, in welchem das Christenthum die herrschende Macht im geistigen Leben der Völker bildete, als völlig unfruchtbar; man hielt sich im Grossen und Ganzen an die Schriften des Galen und die Werke seiner Commentatoren und nahm nur selten Veranlassung, ihre Richtigkeit durch eigene Beobachtungen zu erproben. Erst mit dem Ausgang des

Mittelalters brach sich das Interesse für selbständige wissenschaftliche Forschung Bahn. Vesal, der Schöpfer der modernen Anatomie (1514—1564), hatte den Muth, menschliche Leichen genau zu untersuchen und in den Schriften des Galen zahlreiche Irrthümer nachzuweisen, die dadurch entstanden waren, dass unberechtigterweise Thierbefunde auf den menschlichen Körper übertragen worden waren. Durch seine Correcturen des Galen gerieth Vesal mit seinem Lehrer Sylvius, einem energischen Vorkämpfer der Galen'schen Autorität und seinem berühmten Zeitgenossen Eustachius in einen heftigen Streit, der viel zur Entwicklung der vergleichenden Anatomie beigetragen hat. Zunächst wurden Thieranatomieen nur gemacht, um die Ursachen der Galen'schen Irrthümer aufzudecken, später aber auch aus Lust und Liebe zur Sache. Es ist begreiflich, dass in erster Linie die Wirbelthiere Berücksichtigung fanden, da sie dem Menschen im Bau am nächsten stehen und am meisten zum Vergleich herausfordern. So erschienen noch im gleichen Jahrhundert mit Vesal's menschlicher Anatomie die Abbildungen von Wirbelthierskeletten durch den Nürnberger Arzt Coiter, die anatomischen Schriften von Fabricius ab Aquapendente etc. Später wandte sich aber auch das Interesse den Insecten und Mollusken, ja selbst dem im Meere wohnenden Echinodermen, den Coelenteraten und Protozoen zu. Hier verdienen vor Allem drei Männer genannt zu werden, welche am Ende des 17. Jahrh. lebten, der Italiener Marcello Malpighi und die Holländer Swammerdam und Leeuwenhoek. Des ersteren „Dissertatio de bombyce" war bahnbrechend für die Insektenanatomie, indem sie durch die Entdeckung der Vasa Malpighi, des Herzens, des Nervensystems, der Tracheen etc. eine ausserordentliche Bereicherung unseres Wissens herbeiführte. Von Swammerdam's Schriften ist vor Allem die Bibel der Natur hervorzuheben, ein Werk, dem sich kein anderes der damaligen Zeit zur Seite stellen lässt, indem es Aufschlüsse von einer bewundernswerthen Genauigkeit über den Bau der Bienen, Eintagsfliegen. Schnecken etc. enthält. Leeuwenhoek endlich ist der glücklichste Entdecker gewesen auf dem Gebiete der von ihm in die Wissenschaft eingeführten microscopischen Forschung; vor Allem lehrte er neben vielerlei Anderem auch die kleinen Bewohner des Süsswassers, die „Infusionsthierchen" kennen, deren genauere Untersuchung zu einem vollständigen Umschwung unserer Auffassungen vom Wesen der thierischen Organisation geführt hat.

Vesal.

Anfänge der Zootomie.

Das grosse Verdienst der genannten Männer besteht vornehmlich darin, dass sie gründlich mit dem Staub der Büchergelehrsamkeit aufräumten und, indem sie sich nur auf ihre eigenen Augen und ihr eigenes Urtheil verliessen, den Menschen das gänzlich verloren gegangene Gut selbständiger und unbefangener Beobachtung wieder gewannen. Sie trugen das Interesse für Naturbeobachtung in die weitesten Kreise, so dass im 18. Jahrhundert die Zahl selbständiger naturwissenschaftlicher Schriften eine ganz ausserordentliche Vermehrung erfuhr. Mit Bau und Entwicklung der Insecten befassten sich in Schweden de Geer, in Frankreich Réaumur, in Belgien Lyonet, in Deutschland Rösel von Rosenhof; letzterer schrieb zugleich eine noch jetzt lesenswerthe Monographie der einheimischen Batrachier. Namentlich aber bildete die Untersuchung der Infusorien eine Lieblingsbeschäftigung für Gelehrte und Laien, wie Wrisberg, v. Gleichen-Russwurm, Schäffer, Eichhorn. In den meisten Schriften tritt

der religiöse Charakter der Naturbetrachtung ausserordentlich in den Vordergrund, wie denn unter den Schriftstellern zahlreiche Geistliche, Eichhorn in Danzig, Goeze in Quedlinburg, Schäffer in Regensburg, sich einen ehrenvollen Platz errungen haben, ein Zeichen, dass es zu einer Aussöhnung zwischen Christenthum und Naturbeobachtung gekommen war. Um einen Maassstab für die im Verhältniss zu früheren Jahrhunderten gemachten Fortschritte zu gewinnen, bedarf es nur eines Vergleichs der Abbildungen. Jeder Laie wird den Unterschied zwischen den dürftigen Zeichnungen eines Aldrovandi und den ganz meisterhaften Bildern eines Lyonet oder Rösel von Rosenhof auf den ersten Blick erkennen.

Periode der vergleichenden Anatomie.

So war durch den Fleiss zahlreicher von Liebe zur Natur erfüllter Männer ein reiches anatomisches Material zusammengetragen worden, welches nur der geistigen Verarbeitung bedurfte; und diese geistige Verarbeitung wurde durch die grossen vergleichenden Anatomen, welche am Ende des vorigen und am Anfang des jetzigen Jahrhunderts lebten, herbeigeführt oder wenigstens angebahnt. Unter denselben sind vor Allem die französischen Zoologen Lamarck, Savigny, Geoffroy St. Hilaire, Cuvier und die Deutschen Meckel und Goethe zu nennen.

Correlation der Theile.

Indem man die einzelnen Thiere auf ihren Bau hin unter einander verglich, gelangte man schon damals zu einer Reihe wichtiger Grundgesetze, vor Allem des Gesetzes der Correlation der Theile und des Gesetzes der Homologie der Organe. Ersteres stellte fest, dass ein Abhängigkeitsverhältniss zwischen den Organen eines und desselben Thieres besteht, dass locale Veränderungen an einem einzelnen Organ auch zu Veränderungen an entfernt liegenden Punkten des Körpers führen, dass man daher aus der Beschaffenheit gewisser Theile auf die Beschaffenheit anderer Körperabschnitte einen Rückschluss machen könne. Namentlich benutzte Cuvier dieses Princip, um aus den paläontologischen Resten sich das Aussehen ausgestorbener Thierformen zu reconstruiren. — Noch wichtiger wurde die Lehre von der Homologie der Organe. Man lernte an den Organen der Thiere zwischen einem anatomischen und einem physiologischen Charakter unterscheiden: der anatomische Charakter ist die Summe aller anatomischen Merkmale, wie sie in Gestalt, Structur, Lagebeziehung und Verbindungsweise der Organe gegeben sind; der physiologische Charakter ist ihre Function. Anatomisch gleiche Organe werden bei nahe verwandten Thieren meist auch dieselbe Function haben, wie z. B. die Leber sämmtlicher Wirbelthiere die Function hat, Galle zu bereiten; hier gehen anatomische und physiologische Charakteristik Hand in Hand. Indessen muss dies nicht der Fall sein; vielmehr kann es vorkommen, das ein und dieselbe Function, wie z. B. die Athmung der Wirbelthiere von anatomisch verschiedenartigen Organen besorgt wird, bei den Fischen durch die Kiemen, bei den Säugethieren durch die Lungen. Umgekehrt können anatomisch gleichwerthige Organe, wie Lunge der Säugethiere und Schwimmblase der Fische, verschiedene Functionen besitzen; gleiche Organe können somit von einer Gruppe zur anderen einen Functionswechsel erfahren; der hydrostatische Apparat der Fische ist bei den Säugethieren zum Sitz der Respiration geworden. — Organe gleicher Function, physiologisch gleichwerthige Organe, nennt man nun „analog"; Organe von gleicher anatomischer Beschaffenheit, anatomisch gleichwerthige Organe, nennt man dagegen „homolog". Als Aufgabe der vergleichenden Ana-

Homologie und Analogie.

tomie wurde erkannt, in den verschiedenen Thierabtheilungen die homologen, die anatomisch gleichwerthigen Organe ausfindig zu machen und sie auf ihren durch Functionswechsel bedingten Wandlungen zu verfolgen.

Cuvier. Der hervorragendste Vertreter der vergleichend anatomischen Richtung war Georges Dagobert Cuvier. Derselbe war in dem damals noch würtembergischen Städtchen Mömpelgardt (Montbeillard) 1769 geboren und genoss seine Ausbildung auf der Carlsschule bei Stuttgart, wo er durch seinen Lehrer Kielmeyer, dem gegenüber er dauernd grosse Verehrung bewahrt hat, für die vergleichende Anatomie gewonnen wurde. Die Gelegenheit, die sich ihm bot, als Hauslehrer des Grafen d'Héricy an das Meer zu kommen, benutzte er zu seinen Epoche machenden Untersuchungen über den Bau der Mollusken. Im Jahre 1794 siedelte er, besonders auf Veranlassung seines späteren grossen Gegners Geoffroy St. Hilaire, nach Paris über, wo er zunächst Professor der Naturgeschichte an den Centralschulen und dem Collège de France, später Professor der vergleichenden Anatomie am Pflanzengarten wurde. Als Zeichen des grossen Ansehens, in welchem Cuvier stand, sei noch hervorgehoben, dass er wiederholt mit hohen Stellungen im Cultusministerium betraut und zum Pair von Frankreich ernannt wurde. Als solcher starb er im Jahre 1832.

Cuvier's Untersuchungen erstreckten sich, abgesehen von den Mollusken, auf die Coelenteraten, Arthropoden und Wirbelthiere, lebende wie fossile; seine ausgedehnten Erfahrungen über den Bau der Thiere sammelte er in seinen zwei Hauptwerken „Le règne animal distribué d'après son organisation" und „Leçons d'anatomie comparée". Von ganz Epoche machender Bedeutung war die kleine Schrift „Sur un rapprochement à établir entre les différentes classes des animaux", in welcher er seine berühmte Typentheorie begründete und mit derselben im Jahre 1812 eine vollkommene Reform der Systematik herbeiführte. Die Cuvier'sche Eintheilung, welche Ausgangspunkt für alle weiteren Classificationen geworden ist, unterscheidet sich äusserlich von allen früheren Systemen darin, dass sie die Classen der Säugethiere, Vögel, Reptilien und Fische unter dem von Lamarck eingeführten Namen „Wirbelthiere" zu einer höheren Einheit zusammenfasst, dass sie ferner die sogenannten „Wirbellosen" in drei weitere den Wirbelthieren gleichwerthige Einheiten abtheilt: „Mollusken, Articulaten und Radiaten". Cuvier nannte diese über den Classen stehenden Einheiten Provinzen oder Hauptzweige (embranchements), wofür dann später durch Blainville der Name „Typen" eingeführt wurde. Noch wichtiger aber sind die Unterschiede, welche sich in der inneren Begründung des Systems aussprachen. Anstatt wie frühere Systematiker einige wenige, vielfach äusserliche Merkmale bei der Eintheilung zu benutzen, stützte sich Cuvier auf die Gesammtheit der inneren Organisation, wie sie in dem Lageverhältniss der wichtigsten Organe, besonders des die Anordnung der übrigen Organe bestimmenden Nervensystems, zum Ausdruck kommt. „Der Typus ist das Lageverhältniss der Theile" (v. Baer). Hiermit wurde zum ersten Male die vergleichende Anatomie zur Bildung eines natürlichen Systems der Thiere herangezogen.

Typentheorie.

Schliesslich begründete die Typentheorie eine ganz neue Auffassung von der Anordnung der Thiere. Cuvier fand als herrschende Ansicht die Lehre vor, dass alle Thiere eine einzige zusammenhängende,

vom niedersten Infusor bis zum Menschen aufsteigende Reihe bilden; innerhalb dieser Reihe werde die Stellung eines Thieres ausschliesslich von seiner Organisationshöhe bestimmt. Dagegen lehrte Cuvier, dass das Thierreich aus mehreren coordinirten Einheiten, den Typen, bestehe, welche gänzlich unabhängig neben einander existiren, innerhalb deren es wiederum höhere und niedere Formen gebe. Die Stellung eines Thieres werde durch zwei Factoren entschieden, in erster Linie durch seine Zugehörigkeit zu einem Typus, durch den Bauplan, welchen es repräsentire, in zweiter Linie erst durch seine Organisationshöhe, durch die Stufe, welche ihm innerhalb seines Typus zukomme.

Vergleichende Entwicklungsgeschichte.

Zu denselben Resultaten, welche Cuvier auf vergleichend anatomischem Wege förderte, gelangte C. E. v. Baer zwei Decennien später mit Hilfe der Entwicklungsgeschichte. — Innerhalb der Zoologie ist die Entwicklungsgeschichte eine der jüngsten Disciplinen gewesen. Was Aristoteles darüber von sachlichem Material kannte, was Fabricius ab Aquapendente und Malpighi über die Entwicklungsgeschichte des Hühnchens geschrieben haben, erhebt sich nicht über den Werth von Aphorismen, die nicht genügen, um eine Wissenschaft auszumachen. Der Beobachtung standen hier Schwierigkeiten gegenüber, welche durch die Zartheit und Kleinheit der Entwicklungszustände veranlasst wurden, deren Bewältigung die Ausbildung des Microscops und der microscopischen Technik voraussetzte. Ferner traten die herrschenden philosophischen Anschauungen hinderlich in den Weg; man glaubte überhaupt nicht an eine Entwicklungsgeschichte im heutigen Sinne des Wortes: jeder Organismus sei gleich von Anfang an in allen seinen Theilen fertig angelegt und bedürfe nur des Wachsthums, um seine Organe zu entfalten (Evolutio); entweder das Spermatozoon sei das junge Wesen, welches im Nährboden des Eies die günstigen Wachsthumsbedingungen vorfände; oder das Ei repräsentire das Individuum und werde durch das Spermatozoon zur „Evolutio“ angeregt. In ihren weiteren Consequenzen führte die Theorie zur Lehre der Einschachtelung, welche besagt, dass im Eierstock der Eva die Keime aller Menschen, welche bisher gelebt haben und noch leben werden, eingeschachtelt gewesen seien.

Wolff.

Dieser Lehre trat 1759 Caspar Friedrich Wolff mit seiner „Theoria generationis“ entgegen, er suchte an der Hand der Beobachtung zu beweisen, dass das Ei des Hühnchens anfänglich ohne jede Organisation sei, und dass in ihm erst allmählig die einzelnen Organe auftreten. Im Embryo solle eine Neubildung aller Theile, eine Epigenesis, stattfinden. Dieser erste Angriff gegen die Schule der Evolution verlief gänzlich resultatlos, zumal da A. von Haller, der berühmteste Physiologe des vorigen Jahrhunderts, mit allem seinem Einfluss die Lehre von der Epigenesis unterdrückte. Wolff selbst vermochte nicht, sich einen wissenschaftlichen Wirkungskreis in Deutschland zu erringen und musste nach Russland auswandern. Erst nach seinem Tode fanden seine Schriften durch Oken und Meckel die gebührende Anerkennung.

C. E. v. Baer.

So blieb es denn Carl Ernst v. Baer vorbehalten, in seinem classischen Werk: „Die Entwicklung des Hühnchens, Beobachtung und Reflexion“ (1832) die Entwicklungsgeschichte als eine selbständige Disciplin zu begründen. Baer bestätigte die Lehre Wolff's von dem Auftreten blattartiger Anlagen, aus denen die Organe abstammen, und wurde durch die Genauigkeit, mit welcher er diesen Nach-

weis führte, der Begründer der Keimblättertheorie. Ferner kam er zum Resultat, dass jeder Typus nicht nur seinen besonderen Bauplan, sondern auch seine besondere Entwicklungsweise besitze, dass für die Wirbelthiere eine Evolutio bigemina, für die Articulaten die Evolutio gemina, für die Mollusken die E. contorta und für die Radiaten die E. radiata charakteristisch sei. Wir begegnen hier zum ersten Mal der Idee, dass für die richtige Beurtheilung der verwandtschaftlichen Beziehungen der Thiere und somit für die natürliche Systematik die Resultate der vergleichenden Entwicklungsgeschichte unentbehrlich seien, eine Idee, die sich in der Neuzeit als ausserordentlich fruchtbringend erwiesen hat.

Zellentheorie. Für die weitere Ausbildung der vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte war von fundamentaler Bedeutung der Nachweis, dass alle Organismen sowie alle ihre Entwicklungsformen sich aus denselben Elementen, den Zellen, zusammensetzen. Diese Erkenntniss ist die Quintessenz der Zellentheorie, welche in den dreissiger Jahren dieses Jahrhunderts von Schwann und Schleiden vorgetragen und zwei Jahrzehnte später durch die Protoplasmatheorie Max Schultze's vollkommen reformirt wurde. Durch die Zellenlehre wurde für alle Lebewesen, für hoch und niedrig organisirte Pflanzen und Thiere, ein einheitliches Organisationsprincip gefunden.

Reform des Systems.

Man kann sagen, dass mit der Begründung und systematischen Verwerthung der vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte und mit der Entwicklung der Zellentheorie und der hiermit im Zusammenhang stehenden wissenschaftlichen Gewebelehre die Fundamente der Zoologie gelegt worden sind. Die seitdem verflossene Zeit hat vornehmlich dem Ausbau des Gebäudes gedient. Ungeheure Fortschritte wurden auf dem Gebiete der Wirbelthieranatomie durch die classischen Untersuchungen von Owen, Joh. Müller, Rathke, Gegenbaur u. A. erzielt; unsere Vorstellungen von Organisation wurden vollkommen reformirt durch die Arbeiten Dujardin's, Max Schultze's, Haeckel's u. A., welche die Einzelligkeit der niedersten Thiere nachwiesen. Die Keimblättertheorie wurde weiter ausgebaut von Remak, Koelliker und von Kowalewski, Haeckel, Huxley auch auf die wirbellosen Thiere übertragen. Es würde den Rahmen dieses kurzen historischen Abrisses weit überschreiten, wenn wir noch weiter hineinziehen wollten, was auf dem Gebiete der übrigen Stämme des Thierreichs geleistet worden ist; wir müssen uns daher damit begnügen, die wichtigsten Reformen zu erwähnen, welche das Cuvier'sche System unter dem Einfluss wachsender Erkenntniss erfahren hat.

Von den 4 Typen Cuvier's war der Stamm der Radiaten unzweifelhaft derjenige, dessen Vertreter dem französischen Gelehrten, mit Ausnahme der Medusen, am wenigsten bekannt waren; daher war er auch am wenigsten naturgemäss zusammengefasst, indem er ausser den radialsymmetrischen Coelenteraten und Echinodermen Formen enthielt,

welche, wie die Würmer, bilateral symmetrisch oder wie viele Infusorien ganz asymmetrisch beschaffen waren. So kam es, dass die meisten Reformen hier ihre Angriffspunkte gefunden haben.

C. Th. v. Siebold ist der Urheber der ersten wichtigen Reform gewesen. Er beschränkte den Typus der Radiaten oder, wie er ihn bezeichnte, der Zoophyten, auf die Thiere von radialsymmetrischem Bau (Echinodermen und Pflanzenthiere), trennte alle übrigen ab, und zwar bildete er aus den niedriger stehenden einzelligen Organismen den Stamm der Urthiere oder Protozoen; die höher organisirten Thiere fasste er als „Vermes" oder „Würmer" zusammen, gleichzeitig fügte er einen Theil der Articulaten, die Anneliden, dem Würmerstamm zu und führte für die übrigen Articulaten, die Krebse, Tausendfüssler, Spinnen und Insecten, den Namen Arthropoden ein. C. Th. v. Siebold.

Ein Jahrzehnt später löste Leuckart den Stamm der Radiaten in 2 Stämme von sehr verschiedener Organisationshöhe auf; die niederen Formen, bei denen noch keine besondere Leibeshöhle vorhanden ist und das Innere des Körpers von nur einem, der Verdauung dienenden Hohlraumsystem, dem Darm, eingenommen wird, nannte er Coelenteraten (im Wesentlichen die Zoophyten der älteren Zoologen); für den Rest, bei denen Darm und Leibeshöhle als 2 getrennte Hohlräume neben einander vorkommen, behielt er den Namen Echinodermen bei. Leuckart.

So würden sich im Ganzen 7 Typen ergeben; Protozoen, Coelenteraten, Echinodermen, Würmer, Arthropoden, Mollusken, Vertebraten. Diese Eintheilung entspricht noch nicht vollkommen den Ansprüchen, welche man an ein natürliches System zu stellen berechtigt ist. Von den Mollusken hat man auf Grund gewichtiger anatomischer und entwicklungsgeschichtlicher Merkmale die Brachiopoden, Bryozoen und Tunicaten abgelöst; sie bilden einen Gegenstand divergenter Ansichten. Die verwandtschaftlichen Beziehungen der ersten beiden Gruppen sind noch nicht vollkommen aufgeklärt; von den Tunicaten wissen wir zwar, dass sie den Vertebraten nahe verwandt sind, können sie aber denselben nicht unterordnen, da sie ganz wesentliche Unterschiede im Bau zeigen. In der Neuzeit hat sich das Bestreben bemerkbar gemacht, solche kleine aberrante Gruppen zu selbständigen Stämmen des Thierreiches zu erheben, ein Verfahren, welches nur dazu führen kann, die Uebersichtlichkeit und praktische Verwerthbarkeit des Systems zu schädigen. Ich habe es daher vorgezogen, die betreffenden Formen als Anhang zum Stamm der Würmer zu behandeln, und habe diesem Lehrbuch die Eintheilung in 7 Stämme, wie sie soeben historisch entwickelt wurde, zu Grunde gelegt.

Geschichte der Descendenztheorie.

Ehe wir die geschichtliche Einleitung beenden, müssen wir noch die historische Entwicklung einer Frage in's Auge fassen, welche bei oberflächlicher Betrachtung in ihrer Bedeutung leicht unterschätzt wird, welche aber aus kleinen Anfängen zu einem die zoologische Forschung vollkommen beherrschenden Problem herangewachsen ist und mit ihren Consequenzen nicht nur die Zoologen, sondern alle Kreise von allge-

meinerem wissenschaftlichem Interesse beschäftigt hat. Ich meine die Frage nach dem logischen Werth der systematischen Begriffe Art, Gattung, Familie etc.

In der Natur finden wir nur Einzelthiere vor; wie kommt es nun, dass man dieselben in grössere und kleinere Gruppen zusammenfasst? Sind die einzelnen Arten, Gattungen und die übrigen Abtheilungen, welche der Systematiker unterscheidet, unveränderliche Grössen, gleichsam Grundideen der Natur oder, wenn man will, Schöpfungsgedanken welche in den Einzelformen zum Ausdruck kommen? oder sind es Abstractionen, die der Mensch in die Natur hineinträgt, um dieselbe seinem Begriffsvermögen verständlich zu machen? sind die Art- und Gattungsnamen nur durch das Wesen unseres Begriffsvermögens nothwendig gewordene Ausdrücke für die Abstufungen der Verwandtschaftskreise in der Natur, welche an und für sich nichts Unabänderliches sind und daher auch einem allmähligen Wandel unterliegen können? In die Praxis übersetzt lautet das Problem: sind die Arten constant oder veränderlich? Was für die Arten gilt muss nothwendigerweise für alle übrigen Kategorien des Systems Geltung besitzen, welche sämmtlich in letzter Instanz auf dem Artbegriff beruhen.

Einer der ersten, welcher über den Artbegriff nachgedacht hat, ist der Vorläufer Linné's, der Engländer John Ray. Bei dem Versuche, für das, was man unter einer Art versteht, eine bestimmte Definition zu geben, stiess er auf Schwierigkeiten. In der Praxis rechnet man Thiere, welche wenig von einander im Bau und in der Erscheinungsweise abweichen, zu derselben Art; dies praktische Verfahren lässt sich theoretisch nicht verwerthen; denn es giebt Männchen und Weibchen innerhalb derselben Art, welche abgesehen vom Geschlechtsapparat sich anatomisch mehr von einander unterscheiden als die Repräsentanten verschiedener Arten. So gelangte John Ray zu der genetischen Definition des Artbegriffs, indem er sagte: Es giebt für die Pflanzen kein anderes sichereres Merkmal der Artzusammengehörigkeit als der Ursprung aus dem Samen specifisch oder individuell gleicher Pflanzen; d. h. für alle Organismen generalisirt: Zu einer und derselben Art gehören die Individuen, welche von gleichen Voreltern stammen.

Mit Ray's Worten war ein völlig uncontrolirbares Element in die Definition des Artbegriffs hineingetragen worden, da kein Systematiker etwas darüber weiss oder überhaupt etwas darüber wissen kann, ob die Repräsentanten einer von ihm aufgestellten Art von gleichgearteten Eltern abstammen. So war es denn natürlich, dass der Artbegriff bald ein theologisches Gewand erhielt, indem er durch Anlehnen an religiöse Vorstellungen fester gestützt wurde. Linné sagte: „Tot sunt species quot ab initio creavit infinitum Ens“; er baute damit den Artbegriff auf den Traditionen der Mosaischen Schöpfungsgeschichte auf, ein Verfahren, welches naturwissenschaftlich ganz unstatthaft ist, da es einen der grundlegenden Begriffe aus transcendentalen Anschauungen, nicht aus dem Bereich der naturwissenschaftlichen Erfahrung ableitet. Auch erwies sich die Linné'sche Definition sofort als unhaltbar, sowie die Paläontologie anfing das umfangreiche, in Versteinerungen niedergelegte Material ausgestorbener Thiere zugängig zu machen. Mit abenteuerlichen Phantasien hatte man lange Zeit die unbequem werdenden Versteinerungen ausser dem Bereich wissenschaftlicher Forschung gehalten; es seien Spiele der Natur, hiess es, oder Reste der Sintfluth, oder Einflüsse der Sterne auf die Erde, oder Produkte einer Aura

seminalis, einer befruchtenden Luft, die, wenn sie organische Körper befalle, zur Bildung von Thieren und Pflanzen führe, wenn sie aber auf anorganisches Material sich verirre, Petrefacten erzeuge. Derartigen wüsten Speculationen wurde durch die Begründung der wissenschaftlichen Paläontologie durch Cuvier endgiltig ein Ziel gesetzt. Cuvier wies in überzeugender Weise nach, dass die Versteinerungen Reste vorweltlicher Thiere seien. Wie der Aufbau der Erdkruste aus verschiedenen über einander lagernden Schichten die Unterscheidung verschiedener Perioden der natürlichen Erdgeschichte ermögliche, so lehre die Paläontologie auch verschiedene Perioden in der pflanzlichen und thierischen Lebewelt unseres Erdballs kennen. Jede Erdperiode sei durch eine besondere, ihr vollkommen eigenthümliche Thierwelt charakterisirt gewesen; jede Periode zeige eine höhere Entfaltung der Thierwelt, derart, dass in den älteren Perioden der Erdgeschichte nur niedere Lebewesen existirt hätten, während mit jeder neuen höher organisirte Thiere aufgetreten seien, mit der letzten Periode die Krone der Schöpfung, der Mensch. Alle diese Verallgemeinerungen führten Cuvier zu seiner Kataklysmentheorie. Das Ende jeder Erdperiode sei durch eine gewaltige Umwälzung bezeichnet, welche alles Leben vernichtet habe; auf dem neugeschaffenen jungfräulichen Boden sei eine neue Thierwelt constanter Arten entstanden.

Durch die Annahme zahlreicher Schöpfungsacte schien der Linné'sche Speciesbegriff gerettet zu sein, freilich durch das Aufgebot von Hilfshypothesen, welche weder naturwissenschaftlich gestützt noch theologisch zu rechtfertigen waren. Cuvier's Kataklysmentheorie führte bei consequenter Durchführung zur Vorstellung eines Schöpfers, der eine Thierwelt aufbaut, um sie nach einiger Zeit wie ein lästig gewordenes Kinderspielzeug zu zertrümmern; sie hat daher zu keiner Zeit warme Vertheidiger gefunden, am wenigsten bei den Geologen, für welche sie zunächst bestimmt war. Von hervorragenderen Zoologen ist nur Louis Agassiz zu nennen, welcher der Lehre bis zu seinem Lebensende treu geblieben ist.

Unter diesen Verhältnissen ist es denn begreiflich, dass denkende Naturforscher, welche das Bedürfniss hatten, das Wesen der organischen Natur einheitlich und aus den allgemein herrschenden Naturgesetzen zu erklären, an der Constanz der Arten zu zweifeln anfingen und zu der Lehre von der Umbildung der Formen, zur Descendenztheorie, geführt wurden.

Schon zu Zeiten Cuvier's herrschte eine kräftige descendenztheoretische Strömung; sie fand Ausdruck in England in den Schriften von Erasmus Darwin (Grossvater des berühmten Charles Darwin), in Deutschland in den Werken Goethe's, Oken's und der Anhänger der naturphilosophischen Schule; in Frankreich wurde die Abstammungslehre vornehmlich von Buffon, Geoffroy St. Hilaire und Lamarck ausgebaut. Ihren vollgiltigsten Ausdruck fand sie in der 1809 erschienenen „Philosophie zoologique" Lamarck's, an deren Ideengang wir uns daher im Folgenden auch halten wollen. **Vorläufer Darwin's.**

Lamarck (Jean Baptiste de Monet, Ritter von Lamarck, 1744 in der Picardie geb., 1829 als Professor am Pflanzengarten gestorben), lehrte, dass auf der Erde zunächst Organismen von einfachstem Bau auf natürlichem Wege aus unbelebten Stoffen durch Urzeugung ent- **Lamarck.**

standen seien. Von diesen einfachsten Lebewesen hätten sich im Laufe von unermesslich grossen Zeiträumen die jetzt lebenden Arten der Thiere und Pflanzen durch langsame Umbildung entwickelt, ohne dass je die Continuität des Lebens auf unserem Erdball eine Unterbrechung erfahren habe; Endpunkt dieser Reihe sei der Mensch; die übrigen Thiere seien die Descendenten der Formen, aus denen der Mensch sich entwickelt habe. Lamarck fasste entsprechend den damals herrschenden Anschauungen das Thierreich als eine einzige vom niedersten Urthier bis zum Menschen aufsteigende Reihe auf. Unter den Ursachen, welche die Veränderung und Vervollkommnung der Organismen bewirken sollten, betonte Lamarck am meisten die Uebung und die Nichtübung; die Giraffen sollen lange Hälse bekommen haben, weil sie durch besondere Lebensbedingungen gezwungen waren, sich zu strecken, um hochbelaubte Bäume abzuweiden; umgekehrt hätten sich die Augen der im Dunkeln wohnenden Thiere aus mangelndem Gebrauch zu funktionslosen kleinen Körperchen rückgebildet. Unwichtiger sollen die directen Einwirkungen der Aussenwelt sein; die Veränderungen der Umgebung (le monde ambiant Geoffroy St. Hilaire's) sollen auf Thiere zumeist indirect wirken, indem sie die Bedingungen für die Uebung der Organe verändern.

Lamarck's geistvolle Schrift blieb bei seinen Zeitgenossen fast unbeachtet; dagegen kam es zu einem heftigen Conflict zwischen Anhängern und Gegnern der Lehre von der Constanz der Arten, als 1830 Geoffroy St. Hilaire in der Academie zu Paris gegenüber Cuvier eine nahe Verwandtschaft der Wirbelthiere und Insecten vertheidigte und den Satz aufstellte, dass letztere „auf dem Rücken laufende Wirbelthiere" seien. Der Conflict endete mit einer vollständigen Niederlage der Descendenztheorie; die Niederlage war eine so vollständige, dass das Problem auf längere Zeit vollkommen aus der wissenschaftlichen Discussion verschwand, und die Lehre von der Artconstanz wieder zur herrschenden wurde. Dieser Misserfolg war durch vielerlei Gründe veranlasst. Zunächst war die Theorie Geoffroy's und Lamarck's mehr eine geistreiche Conception, als dass sie sich auf ein reiches empirisches Material gestützt hätte; ausserdem hatte sich in sie als ein fundamentaler Irrthum die Lehre von der einreihigen Anordnung der Thierwelt eingeschlichen. Dem entgegen stand Cuvier's grosse Autorität und sein umfassendes Wissen, welch letzteres es ihm leicht machte zu zeigen, dass das Thierreich aus einzelnen coordinirten Gruppen, den Typen, bestehe.

Lyell. In demselben Jahr, in welchem Cuvier seinen für lange Zeit entscheidenden Sieg über Geoffroy St. Hilaire erfocht, wurde gegen seine Theorie von der Aufeinanderfolge zahlreicher Thierwelten auf unserem Erdball der erste verderbliche Schlag geführt. Cuvier's Kataklysmentheorie hatte eine doppelte Seite, eine geologische und eine zoologisch-botanische. Cuvier leugnete die Continuität der einzelnen Erdperioden wie die Continuität der ihnen zukommenden Faunen und Floren. In den Jahren 1830—1832 erschienen nun die „Principles of Geology" von Lyell, ein epochemachendes Werk, welches endgiltig auf dem Gebiet der Geologie die Kataklysmentheorie beseitigte. Lyell wies nach, dass man der gewaltigen Erdrevolutionen nicht bedürfe, um die Umwandlung der Erdoberfläche und die Ueberlagerung ihrer Schichten zu erklären, dass vielmehr die allzeit wirksamen Kräfte, die Hebungen und Senkungen, die nagende Wirkung des Wassers, möge es als Ebbe

und Fluth, als Regen, als Schnee oder Eis, als reissender zum Meere strömender Fluss oder Bach wirken, zur Erklärung vollkommen ausreichen. Ganz allmählig im Laufe colossaler Zeiträume sei die Erdoberfläche verändert und aus einer Periode in die andere übergeführt worden, und noch jetzt gehe dieser stetige Umwandlungsprocess an ihr vor sich. Die Continuität in der geologischen Geschichte der Erde, welche hiermit zum ersten Male vorgetragen wurde, ist seitdem eines der grundlegenden Axiome der Geologie geworden; dagegen wurde die Discontinuität der Lebewesen, obwohl die geologischen Voraussetzungen derselben hinfällig geworden waren, lange Zeit über nach wie vor aufrecht erhalten.

Charles Darwin.

Es ist das grosse Verdienst von Charles Darwin, nach Jahrzehnte langer Ruhe die Descendenztheorie von Neuem vorgetragen und zur allgemeinen Geltung gebracht zu haben. Zugleich wurde damit die wichtigste Periode in der Geschichte der Zoologie eingeleitet, eine Periode, in welcher nicht nur die Wissenschaft selbst einen Aufschwung nahm wie nie zuvor, sondern wo sie auch anfing, auf die allgemeinen Anschauungen der Menschen nachhaltigen Einfluss zu gewinnen.

Charles Darwin wurde 1809 zu Shrewsbury geboren. Nach kurzem Studiengang auf den Universitäten Edinburg und Cambridge (1825—1831) schloss er sich als Naturforscher der Weltumsegelung des „Beagle" an, eines englischen Kriegsschiffes, welches in den Jahren 1831—1836 nautische Untersuchungen auszuführen bestimmt war. Als Darwin die eigenthümlichen Charaktere der Inselfaunen, besonders der Galapagos-Inseln, und die merkwürdige geologische Verbreitung der Edentaten in Südamerika kennen lernte, bildeten sich in ihm die Keime zu seiner Epoche machenden Theorie. Eine weitere Ausbeute dieser Reise waren seine schöne Monographie der Cirripedien und die classischen Untersuchungen über die Corallenriffe. Nach England zurückgekehrt, lebte Darwin, ausschliesslich wissenschaftlichen Arbeiten gewidmet, vornehmlich auf seinem Gute Down in der Grafschaft Kent bis zu seinem Tode im Jahre 1882; vor Allem war er unablässig bemüht, seine Anschauungen über den Ursprung der Arten auszubauen und für dieselben ein immer reicheres empirisches Material zu sammeln. Die erste schriftliche Aufzeichnung, deren Grundgedanken er Freunden, besonders dem Geologen Lyell und dem Botaniker Hooker mittheilte, fällt in das Jahr 1844, ohne dass der Verfasser sich jedoch bereden liess, dieselbe der Oeffentlichkeit zu übergeben. Erst im Jahre 1858 entschloss sich Darwin zu einer ersten wissenschaftlichen Mittheilung im Journal of the Linnean Society, und zwar durch einen äusseren Anlass bewogen. In diesem Jahr erhielt er von dem Reisenden Wallace einen Aufsatz zugesandt, welcher in den wichtigsten Lehren mit Darwin's eigenen Anschauungen übereinstimmte. Darwin brachte einen Abriss seiner Lehre gleichzeitig mit Wallace's Manuscript zum Abdruck. Im Jahre darauf (1859) erschien dann die wichtigste seiner Schriften: „On the origin of species by means of natural selection", und in kurzer Aufeinanderfolge eine stattliche Reihe von Werken, die Frucht jahrelanger vorbereitender Arbeit. Für die Geschichte der Descendenztheorie sind aus dieser Reihe die wichtigsten: 1. Ueber das Variiren der Thiere und Pflanzen im Zustand der Domestication, 2 Bände, welche vornehmlich eine Sammlung empirischen Beweismaterials enthalten; 2. Ueber den Ursprung des Menschen, ein Werk, welches die Anwendung der Descendenzlehre auf den Menschen giebt.

Wohl kein wissenschaftliches Werk dieses Jahrhunderts hat in der zoologischen, ja man kann sagen in der ganzen gebildeten Welt ein so grossartiges Aufsehen gemacht, wie das Buch Darwin's über den Ursprung der Arten. Vielfach wurde es als etwas durchaus Neues aufgenommen, so sehr war die wissenschaftliche Tradition verloren gegangen. In Kreisen der Fachleute wurde es von einem Theil heftig befehdet, von einem andern Theil fand es eine wohlwollende, aber zweifelnde Aufnahme. Nur wenige Männer traten von Anfang mit aller Entschiedenheit auf die Seite des grossen britischen Forschers. Es entbrannte ein lebhafter wissenschaftlicher Kampf, welcher mit einem glänzenden Sieg der Descendenztheorie endete. Zur Zeit ist unser ganzes wissenschaftliches Denken so sehr von den Ideen der Descendenztheorie durchsetzt, dass man kaum noch von einer erheblichen Gegnerschaft gegen die Lehre reden kann.

Unter den Männern, welche am meisten diesen raschen Verlauf herbeigeführt haben, ist neben dem Mitbegründer des Darwinismus A. R. Wallace vor Allem E. Haeckel zu nennen, welcher sich in seiner generellen Morphologie und seiner natürlichen Schöpfungsgeschichte um die methodische Ausbildung der Theorie die allergrössten Verdienste erworben hat. Energische Vorkämpfer der Lehre in Deutschland waren ferner Fritz Müller, Carl Vogt, Weismann, Moritz Wagner und Naegeli, wenn auch letztere rücksichtlich der die Umbildung der Formen bedingenden Ursachen ihren besonderen Standpunkt einnahmen. Unter den englischen Naturforschern sind besonders Huxley, Hooker und Lyell zu nennen. Am spätesten hat in Frankreich der Darwinismus Eingang gefunden.

Im Folgenden werde ich versuchen, die Darwin'sche Lehre, so wie sie sich im Widerstreit der Meinungen im Laufe der letzten Jahrzehnte entwickelt hat, wiederzugeben, indem ich mich möglichst der Art, wie Darwin selbst sie vorgetragen hat, anschliesse.

Darwin's Theorie von der Abstammung der Arten.

Darwin geht von der Kritik des Speciesbegriffs aus: Sind die Begriffe Species einerseits und Rasse und Varietät andererseits etwas vollkommen Verschiedenes? giebt es besondere Kriterien, um in unzweifelhafter Weise festzustellen, ob wir in einem bestimmten Fall es mit Varietäten einer Art oder mit verschiedenen Arten zu thun haben? oder gehen die Begriffe in der Natur in einander über? sind die Arten constant gewordene Varietäten und ebenso die Varietäten in Bildung begriffene Arten?

Morphologische Unterschiede von Art und Varietät.

Zur Entscheidung dieser fundamentalen Frage können morphologische und physiologische Charaktere herangezogen werden. In der Praxis des Systematikers gelten gewöhnlich ausschliesslich die morphologischen Merkmale, weshalb wir sie hier in erster Linie berücksichtigen. Wenn sich innerhalb einer grösseren Zahl einander ähnlicher Formen zwei Gruppen aufstellen lassen, die sich erheblich von einander unterscheiden, wenn die Unterschiede derselben durch keinerlei Mit-

telformen verwischt werden und wenn sie sich in mehreren aufeinander folgenden Generationen constant erhalten, so spricht der Systematiker von guten Arten; er spricht dagegen von Varietäten derselben Art, wenn die Unterschiede geringfügig und inconstant sind und durch die Existenz von Mittelformen noch weiter an Bedeutung verlieren. Eine genaue Prüfung der Art und Weise, wie diese Regel in der Praxis befolgt wird, lehrt nun die grössten Inconsequenzen kennen, womit es zusammenhängt, dass manche Thier- und Pflanzengruppen von einem Theil der Systematiker für gute Arten, von einem anderen Theil nur für Spielarten, d. h. für Varietäten derselben Art gehalten werden. Die Unterschiede zwischen den Spielarten unserer Hausthiere sind vielfach so bedeutend wie sie sonst als ausreichend für die Unterscheidung nicht nur guter Arten, sondern sogar von Gattungen und Familien angesehen werden. Bei den Pfauentauben ist die sonst nur 12—14 betragende Zahl der Steuerfedern des Schwanzes auf 30—42 gesteigert (Fig. 1 *C*); bei



Fig. 1. Taubenrassen (nach Darwin). *A* englische Botentaube, *B* englische Burzeltaube, *C* englische Pfauentaube.

anderen Taubenrassen unterliegt die relative Grösse von Schnabel und Füssen im Vergleich zum übrigen Körper enormen Schwankungen (Fig. 1 *A*, *B*); selbst das Skelet ist bei den Variationen betheiligt, wie daraus hervorgeht, dass die Gesammtzahl der Wirbel zwischen 38 (Botentauben) und 43 (Kropftauben), die Zahl der Sacralwirbel zwischen 14 und 11 beträgt.

Was nun das Vorkommen von Zwischenformen und die Constanz der Unterschiede anlangt, so herrschen innerhalb einer und derselben „guten Art" die denkbar grössten Differenzen. Bei manchen stark variirenden Arten sind die äussersten Extreme durch vielerlei Uebergänge verbunden, in anderen Fällen kann man innerhalb derselben Art scharf umschriebene Formengruppen, die Rassen, unterscheiden. Bei den Rassen vererben sich die charakteristischen Merkmale von Geschlecht zu Geschlecht mit derselben Constanz, wie bei guten Arten. Man kann das an den Menschenrassen und vielen rein cultivirten Hausthierrassen beweisen.

Eine kritische Prüfung führt somit zu dem Satz, dass die Morphologie zwar benutzt wird, um die Thiere in Arten und Varietäten zu gruppiren, dass sie uns aber vollkommen im Stich lässt, wenn es gilt, principielle Unterschiede aufzustellen zwischen dem, was man eine Art, und dem, was man eine Varietät zu nennen hat. Dem Systematiker steht daher nur der Ausweg offen, sein praktisches Verfahren zu ergänzen, indem er physiologische Gesichtspunkte zu Hilfe nimmt. Dies hat man denn auch gethan und gewisse bei der Fortpflanzung auftretende Unterschiede herangezogen: es sollen die Individuen verschiedener Arten sich nicht unter einander fortpflanzen können, dagegen sollen unter normalen Verhältnissen die Individuen einer und derselben Art, mögen sie auch verschiedenen Varietäten oder Rassen angehören, vollkommen fruchtbare Ehen eingehen können. Bei der Prüfung dieser beiden Sätze muss man sich vor einem sehr nahe liegenden Cirkelschluss hüten; ein solcher Cirkelschluss würde es sein, wenn ein Experimentator 2 Thiere, die er ihren sonstigen Verhältnissen nach verschiedenen Arten zurechnen würde, für Repräsentanten einer Art erklären wollte, nur weil sie sich mit einander fortpflanzen lassen; vielmehr muss die Frage für ihn lauten: Führt das physiologische Experiment zu denselben systematischen Unterscheidungen, zu denen das gewöhnliche systematische Verfahren, die Abschätzung der Constanz und der Divergenz der unterscheidenden Merkmale, führt?

Physiologische Unterschiede a. Kreuzung von Arten und Varietäten.

Das Gebiet, welches wir hier betreten, ist noch lange nicht genügend experimentell durchgearbeitet; gleichwohl lassen sich schon jetzt einige allgemeine Sätze aufstellen: 1. dass nicht wenige sogenannte gute Arten mit einander gekreuzt werden können, 2. dass die Schwierigkeiten der Kreuzung im Allgemeinen wachsen, je geringer die systematische Verwandtschaft der benutzten Arten ist, 3. dass aber diese Schwierigkeiten keineswegs der systematischen Divergenz der Arten vollkommen proportional sind. Das günstigste Untersuchungsmaterial bieten Thiere, bei denen man die künstliche Befruchtung durchführen kann, d. h. denen man Eier und Spermatozoen entnehmen kann, um sie unabhängig vom Willen der Thiere zu mischen. So gelingt es Bastarde von Arten zu erzielen, welche ganz verschiedenen Gattungen angehören, während sehr häufig ganz nahe verwandte Arten sich nicht kreuzen lassen. Unter den Fischen kennt man Bastarde von Abramis brama und Blicca Björkna, von Salmo salar (Lachs) und Trutta fario (Forelle);

unter den Seeigeln befruchten die Spermatozoen von Strongylocentrotus lividus mit grosser Leichtigkeit die Eier von Echinus microtuberculatus, dagegen nur äusserst selten die Eier des im System näher stehenden Sphaerechinus granularis. Auch kommt es vor, dass die Kreuzung in einer Richtung (Männchen von a und Weibchen von b) leicht gelingt, in der anderen Richtung (Männchen von b und Weibchen von a) vollkommen fehlschlägt, wie z. B. der Same von Strongylocentrotus lividus wohl die Eier von Echinus microtuberculatus befruchtet, nicht aber umgekehrt der Same von E. microtuberculatus die Eier von St. lividus.

Bei Thieren, welche eine Begattung nöthig haben, wachsen die Schwierigkeiten des Experimentirens, da hier häufig zwischen Männchen und Weibchen verschiedener Arten eine Abneigung besteht, welche jede Annäherung vereitelt. Immerhin kennen wir auf diesem Gebiet Kreuzungen verschiedener Arten; unter den Säugethieren lassen sich z. B. Pferd und Esel (Maulthier, Maulesel), Rind und Zebu, Steinbock und Ziege, Schafe und Ziegen, Hunde und Schakale, Hunde und Wölfe, Hasen und Kaninchen (Lepus Darwini) etc., unter den Vögeln verschiedene Finkenarten, weiterhin Birk-, Hasel- und Schneehühner, Wildente (Anas boschas) und Spiessente (Dafila acuta), die bei uns einheimische Gans und die chinesische Gans (Anser ferus u. A. cygnoides) kreuzen.

b. Fruchtbarkeit von Bastarden und Blendlingen.

Da manche Bastarde, wie Maulthier und Maulesel, schon seit Jahrtausenden bekannt sind, wurde das Kriterium gleichsam eine Stufe weiter zurückgeschoben. Wenn die Unfruchtbarkeit sich bei der Kreuzung mancher Arten nicht unmittelbar äussere, so soll sie sich doch an den Producten der Kreuzung bemerkbar machen. Während die Kreuzungsproducte von Varietäten, „die Blendlinge", stets eine normale, vielfach sogar gesteigerte Fruchtbarkeit besässen, sollen die Kreuzungsproducte von Arten, die Bastarde, stets unfruchtbar sein. Auch hier handelt es sich jedoch um eine Regel, nicht um ein Gesetz. Maulesel und Maulthiere, welche sich nur selten fortpflanzen, und viele andere Bastarde sind zwar im Allgemeinen unfruchtbar, allein es giebt schon jetzt nicht wenige Ausnahmen, obwohl die Zahl der nach dieser Hinsicht unternommenen Experimente eine sehr geringe ist. Bastarde von Hasen und Kaninchen haben sich Generationen hindurch fruchtbar erhalten; das Gleiche gilt für die Bastarde, welche von Steinbock und Ziege, von Anser cygnoides und Anser domesticus, von Salmo salvelinus und S. fontinalis, Cyprinus carpio und Carassius vulgaris, Bombyx cynthia und B. arrindia erhalten worden sind.

Auch der zweite oben aufgestellte Satz, dass Individuen einer Art, sofern sie gesund sind, sich stets mit einander fortpflanzen, bedarf sehr der Einschränkung. Den Thierzüchtern sind schon seit Langem die gefährlichen Folgen der Inzucht bekannt, dass die Fortpflanzungsfähigkeit sich bis zur Unfruchtbarkeit vermindert, wenn man bei einer Zucht andauernd nur Abkömmlinge eines Elternpaares wählt. Darwin hat nicht wenige Fälle zusammengestellt, in denen unzweifelhafte Angehörige derselben Art unter einander vollkommen unfruchtbar sind: so gewisse Formen der Primeln und anderer di- und trimorpher Arten. Beispiele für die Unfruchtbarkeit von Blendlingen kennt man nur aus der Botanik (gewisse Varietäten von Mais und Königskerze).

Wenn wir das Bekannte überblicken, so scheint die dauernde Fruchtbarkeit bei der geschlechtlichen Fortpflanzung von einer nicht allzu bedeutenden Differenz in den Geschlechtsproducten garantirt zu werden; allzu grosse Aehnlichkeit, wie sie bei Inzucht vorhanden sein

muss, und allzu grosse Unterschiede, wie bei der Bastardirung verschiedener Arten, sind schädlich und werden von der Natur vermieden. Die geschlechtliche Fortpflanzung besitzt ein Optimum, von dem aus man allmählig nach zwei Seiten eine Abnahme verfolgen kann. Damit wäre aber schon gesagt, dass hier graduelle und keine principiellen Differenzen vorliegen und dass demnach auch das Merkmal für eine principielle Unterscheidung von Art und Varietät nicht benutzt werden kann.

Das Endresultat aller dieser Ausführungen lässt sich in den Satz zusammenfassen, dass es bis jetzt weder auf physiologischem noch auf morphologischem Wege geglückt ist, in klarer und allgemeingiltiger Weise die Kriterien festzustellen, welche den Systematiker leiten müssen bei der Entscheidung, ob gewisse Formenkreise für gute Arten oder für Varietäten einer Art zu halten sind. Vielmehr werden die Zoologen in der Praxis von einem gewissen systematischen Tact geleitet, welcher sie aber in schwierigen Fällen im Stiche lässt, so dass dann die Ansichten der einzelnen Forscher auseinander gehen.

Umbildung der Varietäten zu Arten.

Die erörterten Verhältnisse finden ihre natürliche Erklärung durch die Annahme, dass scharfe Unterschiede zwischen Art und Varietät überhaupt nicht existiren, dass die Arten constant gewordene Varietäten und die Varietäten in Bildung begriffene Arten sind. Wir wollen das Gesagte durch Erläuterung an einem concreten Fall klar machen. Individuen einer Art beginnen zu variiren, d. h. sie gewinnen von einem zum andern verglichen eine grosse Verschiedenartigkeit der Charaktere. So lange die extremen Unterschiede durch Uebergänge verbunden werden, sprechen wir von Varietäten einer Art; sind dagegen die vermittelnden Uebergänge ausgestorben, haben sich im Laufe langer Zeiträume die Unterschiede befestigt und so sehr verschärft, dass eine geschlechtliche Vermischung der extremen Formen entweder völlige Unfruchtbarkeit oder wenigstens eine Hinneigung zur Unfruchtbarkeit ergiebt, so sprechen wir von verschiedenen Arten.

Für diese Anschauung, dass Varietäten bei längerem Bestand zu Arten werden können, spricht auch die grosse Uebereinstimmung, welche zwischen beiden in der Häufigkeit des Auftretens besteht. Bei Gattungen, welche auffallend viele Arten enthalten, zeigen meist auch die Arten viele Varietäten; die Arten sind dann meist zu Untergattungen gruppirt, d. h. sie sind einander in ungleichem Maasse verwandt, indem sie kleine, um gewisse Arten sich anordnende Gruppen bilden; Aehnliches ist auch bei den Varietäten der Fall. Bei solchen Gattungen ist die Artbildung in lebhaftem Fluss; jede Artbildung setzt aber einen grossen Grad von Variabilität voraus.

Phylogenie.

Es ist nun klar, dass dasselbe, was hier für die Arten durchgeführt worden ist, auch für die übrigen Kategorien des Systems Geltung haben muss. Wie durch divergente Entwicklung Varietäten zu Arten werden, so müssen die Arten bei Fortdauer der Divergenz sich so sehr von einander entfernen, dass wir sie als Gattungen unterscheiden. Es wird nur eine Frage der Zeit sein, dass diese Unterschiede noch weiter erstarken und die Aufstellung von Ordnungen, Classen und Stämmen ermöglichen, sowie auch die zarten Verzweigungen des jungen Pflänzchens beim kräftigen Baum zu Hauptästen erstarken, von denen Seitenäste und Zweige ausgehen. Wenn man diesen Gedankengang bis in seine letzten Consequenzen verfolgt, so kommt man zu der Vorstellung, dass alle jetzt lebenden Thiere und Pflanzen durch Umbildung von

wenigen Urorganismen entstanden sind. Da jedenfalls schon viele Tausende von Jahren dazu gehören, damit durch Variabilität einer Art mehrere neue Arten entstehen, so müssen zur Ermöglichung dieser historischen Entwicklung des Thier- und Pflanzenreiches Zeiträume von einer Länge nothwendig gewesen sein, wie sie für unser Begriffsvermögen nicht mehr fassbar sind, ebenso wie die Astronomen mit Entfernungen rechnen, von welchen wir uns keine Vorstellungen machen können. Wie man nun für die Lehre von der individuellen Entwicklung eines Thieres die besondere Bezeichnung „Ontogenie“ (Embryologie) gewählt hat, so hat es sich auch als zweckmässig herausgestellt, für die Lehre von der allerdings nicht beobachteten, sondern nur erschlossenen historischen Entwicklung der Thiere die besondere Bezeichnung: „Stammesgeschichte“ oder „Phylogenie“ einzuführen.

Urzeugung.

Will man alle lebenden Thiere von gemeinsamen Urformen ableiten, so muss man nothgedrungen annehmen, dass diese höchst einfach organisirt, dass sie einzellig waren. Denn je einfacher die Organisation, um so weniger ist sie specialisirt und bestimmt, um so grösser ist ihre Umbildungsfähigkeit. Aus einfach gebauten Organismen lassen sich auch allein die niedersten einzelligen Lebewesen, die Protozoen ableiten. Endlich können wir uns nur für einfach gebaute Organismen eine erste natürliche Entstehung denken. Da es unzweifelhaft eine Zeit gegeben hat, zu welcher auf unserem Erdball Temperaturen herrschten, welche jedes Leben unmöglich machten, so muss einmal das Leben auf ihm neu entstanden sein, entweder durch einen Schöpfungsact oder auf natürlichem Wege durch Urzeugung. Nehmen wir dem Geist der Naturwissenschaften entsprechend zur Erklärung natürlicher Dinge nur Naturkräfte zu Hilfe, so werden wir nothgedrungen zur Hypothese der Urzeugung geführt; dass aus nicht belebten Stoffen durch eine geeignete Mischung derselben der complicirte Mechanismus, den wir Leben nennen, entstanden sei. Auch diese Hypothese setzt voraus, dass die ersten Organismen den denkbar einfachsten Bau besessen haben.

Vom Boden der Thatsachen ausgehend, sind wir durch Verallgemeinerung der Schlüsse zu einer einheitlichen Vorstellung von der Entstehung des Thierreichs gelangt, haben uns aber in gleichem Maasse von den Ergebnissen der unmittelbaren Beobachtung entfernt. Die Beobachtung lässt uns nur erkennen, dass die Arten umbildungsfähig sind und neue Arten aus sich erzeugen können. Dass diese Umbildungsfähigkeit ein universelles Princip ist, ein Princip, welches uns die Entstehung der Thierwelt erklärt, dafür bedarf es einer weiteren Beweisführung.

Beweise der Phylogenie.

Die Entstehung der jetzt lebenden Thierwelt ist ein Process, welcher in längst vergangenen Jahrtausenden gespielt hat, welcher einer directen Beobachtung nicht mehr zugängig ist und daher auch niemals in dem Sinne bewiesen werden kann, wie wir die individuelle Entwicklung eines Organismus aufklären können. Man kann für die Annahme einer einheitlichen Abstammung der Thiere nur den Wahrscheinlichkeitsbeweis führen, indem man zeigt, dass alle unserer Beobachtung zugängigen Thatsachen nicht nur mit dieser Voraussetzung übereinstimmen, sondern auch allein durch sie ihre einheitliche Erklärung finden. Solche Thatsachen liefert uns das System der Thiere, die Paläontologie, die Thiergeographie, die vergleichende Anatomie und die vergleichende Entwicklungsgeschichte.

a. systematische Beweise.

1. Es ist eine schon seit Längerem anerkannte und in der Neuzeit immer mehr bestätigte Erscheinung, dass, wenn man die Verwandtschaftsverhältnisse der Thiere, ihrer Classen, Ordnungen, Gattungen und Arten graphisch ausdrücken will, die einfache Coordination und Subordination nicht ausreicht, sondern dass man eine baumförmige Anordnung wählen muss, eine Anordnung, in welcher die Hauptstämme von den einander näher oder entfernter verwandten Hauptabtheilungen, den Stämmen, Phylen oder Typen dargestellt werden, während die feineren Verästelungen den jedesmaligen Classen, Ordnungen u. s. w. entsprechen. Das ist in der That die Anordnung, zu welcher die Descendenztheorie, wie wir oben gesehen haben, mit Nothwendigkeit führt.

b. paläontologische Beweise.

2. Die paläontologische Beweisführung würde sich am meisten dem, was man directe Beweisführung nennen könnte, nähern. Denn die Paläontologie lehrt uns die letzten Existenzspuren, welche die Vorläufer der jetzigen Thierwelt hinterlassen haben, kennen. Indessen muss man berücksichtigen, dass auch hier sich ein hypothetisches Element in den Charakter der Beweisführung einschleicht. Wir können nur beobachten, dass mancherlei Formzustände einer Thiergruppe in verschiedenen, auf einander folgenden Erdschichten enthalten sind; wenn wir diese Formzustände zu einer Entwicklungsreihe unter einander verbinden und uns die jüngeren aus den älteren durch Umbildung entstanden denken, so verlassen wir damit streng genommen den Boden der Thatsachen. — Viel mehr wird aber der Werth der paläontologischen Urkunde durch ihre ausserordentliche Unvollständigkeit herabgesetzt. In Versteinerungen erhalten sich im Allgemeinen nur die Hartgebilde der Thiere; die Weichtheile dagegen, welche bei vielen Stämmen allein vorhanden sind oder doch den wichtigsten Theil ihrer Organisation ausmachen, gehen fast stets verloren. Auch die Hartgebilde erhalten sich nur unter ganz besonders günstigen Bedingungen in gutem Zusammenhang. Wenn man nun weiter berücksichtigt, dass diese Schätze im Schoss der Erde vergraben sind und meist nur zufällig bei Steinbrucharbeiten, Wegebauten etc. gewonnen, äusserst selten dagegen planmässig und mit wissenschaftlicher Ueberlegung zu Tage gefördert werden, so erhellt daraus zur Genüge, wie wenig für die Stammesgeschichte aus dem derzeitigen und selbst dem zukünftigen Material der Paläontologie erwartet werden darf.

Immerhin hat die Paläontologie schon manche wichtige Beweise der Descendenzlehre geliefert. Sie hat gezeigt, dass die niederen Formen zuerst und später erst die höher organisirten auftreten. Unter den Thieren im Allgemeinen treten am spätesten die Wirbelthiere, unter diesen wiederum die Säugethiere, unter den Säugethieren die Affen und der Mensch auf. Für kleinere Gruppen ist es sogar schon geglückt, das Material für Stammbäume zu sammeln; Uebergangsformen leiten vom einzehigen Pferd der Neuzeit zu dem 4zehigen Eohippos des Eocän; für sämmtliche Hufthiere wurden gemeinsame Ausgangsformen in den Condylarthren entdeckt. Ferner hat man zwischen grösseren Abtheilungen Uebergangsformen gefunden, so z. B. zwischen Reptilien und Vögeln die merkwürdigen Zahnvögel und den Archaeopteryx (Fig. 2), einen Vogel mit einem befiederten, aber nach Art der Eidechsen lang gestreckten Schwanz.

c. morphologische Beweise.

3. Wenn man vergleichende Anatomie und Entwicklungsgeschichte zum Beweis der Descendenztheorie verwerthen will, so ergeben beide

Disciplinen so viel Berührungspunkte, dass sie am besten in einem gemeinsamen Abschnitt abgehandelt werden.

Cuvier und Carl E. v. Baer hatten gelehrt, dass die einzelnen Typen des Thierreichs Einheiten seien, von welchen einer jeden ein besonderer, ihr eigenthümlicher Bau- und Entwicklungsplan zu Grunde liege, dass ferner keinerlei Aehnlichkeit im Bau und in der Entwicklung eine Brücke von Typus zu Typus schlage. Der erste dieser beiden Sätze ist nach wie vor berechtigt, der zweite dagegen, welcher allein für die Descendenztheorie wichtig ist, ist gänzlich unhaltbar geworden. Alle Thiere haben in der Zelle ein gemeinsames Organisationsprinzip und sind dadurch einander nahe gerückt; alle vielzelligen Thiere stimmen während der ersten Stadien ihrer Entwicklung, während der Befruchtung, der Eifurchung und der Bildung der 2 ersten Keimblätter in den principiell wichtigen Punkten überein und unterscheiden sich von einander nur durch Differenzen, wie sie innerhalb eines und desselben Typus vorkommen. Auch das Besondere, welches jeden Typus im Bau und in der Entwicklungsweise auszeichnet, tritt in der Thierreihe nicht unvermittelt auf. Namentlich leiten vom Stamm der Würmer Uebergangsformen zu den übrigen Stämmen, der Balanoglossus zu den Echinodermen, die Ringelwürmer und der Peripatus zu den Arthropoden, die Tunicaten und der Amphioxus zu den Wirbelthieren. In einem jeden Typus vereinfachen sich der Bau und die Entwicklungsweise der systematisch niedrigsten Formen und erfahren dadurch eine Annäherung an die bei anderen Typen herrschenden Verhältnisse. Die Existenz solcher Uebergänge ist einer der wichtigsten Beweise für die Descendenzlehre und spricht gegen die Annahme eines starren, unveränderlichen Typus im Sinne Cuvier's.



Fig. 2. Archaeopteryx lithographica (nach Zittel). *cl* Clavicula, *co* Coracoid, *h* Humerus, *r* Radius, *u* Ulna, *c* Carpus, *I*—*IV* Zehen, *sc* Scapula.

Für die Berechtigung der Descendenztheorie fällt weiterhin ganz ausserordentlich in die Wagschale, dass Bau und Entwicklungsweise der Thiere von einer Gesetzmässigkeit beherrscht werden, welche zur Zeit nur durch die Annahme einer gemeinsamen Abstammung erklärt werden kann. Jedes Thier durchläuft während seiner Entwicklungsgeschichte im Wesentlichen die Stufen, welche dauernd bei den niedriger oder wenigstens ursprünglicher organisirten Thieren desselben

Stammes erhalten sind, was folgende drei Beispiele erläutern mögen. 1. Auf frühen Entwicklungsstadien besitzt der Embryo des Menschen (Fig. 3) überraschende Aehnlichkeiten mit den niedersten Wirbelthieren, den Fischen. Er hat wie diese Kiemenspalten, dieselbe Anordnung des Herzens und der Arterienbögen, gewisse Grundzüge in der Entwicklung des Skelets u. s. w. 2. Die Frösche zeigen auf dem Kaulquappenstadium (Fig. 4) eine Organisation ähnlich der, welche die niedriger

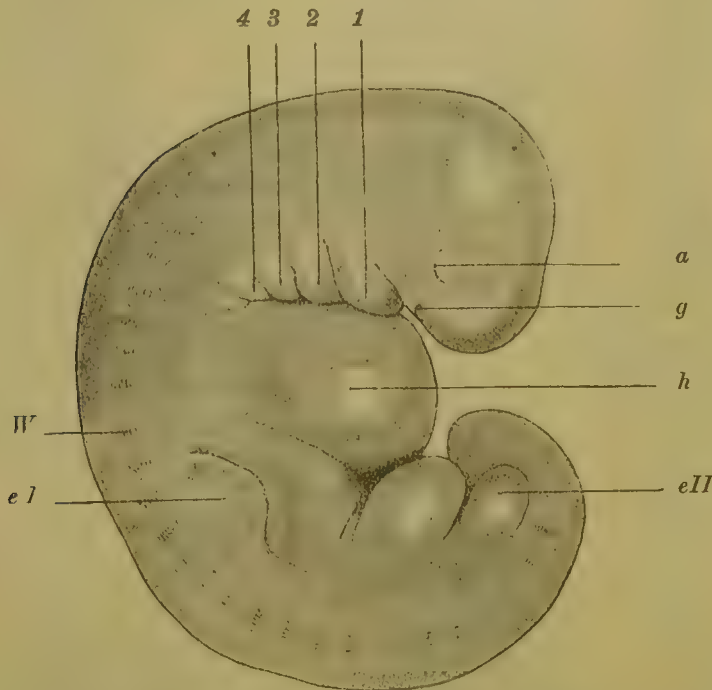


Fig. 3. Menschlicher Embryo. *1—4* Visceralbogen mit Kiemenspalten dazwischen. *1* Unterkieferbogen, *2* Zungenbeinbogen, *3*, *4* erster und zweiter Kiemenbogen. *a* Auge, *g* Geruchsgrübchen, *h* Herzgegend, *eI eII* vordere und hintere Extremität, *W* Urwirbelgrenzen.



Fig. 4. Kaulquappen von Rana temporaria. *m* Mund, *g* Oberkiefer, *z* Unterkiefer, *s* Saugnäpfe, *kb* äussere Kiemen, *ik* Gegend der inneren Kiemen, *n* Nase, *a* Auge, *o* Hörbläschen, *h* Herzgegend, *d* Kiemendeckel.



Fig. 5. Siredon pisciformis (Axolotl) (nach Duméril et Bibron).

stehenden Amphibien, die Perennibranchiaten dauernd besitzen (Fig. 5); sie haben einen Ruderschwanz und büschelförmige Kiemen, welche dem ausgebildeten Frosch fehlen. 3. Es giebt gewisse parasitische Krebse, welche auf den Kiemen von Fischen leben und den übrigen Krebsen gar nicht ähnlich sehen. Sie sind unförmliche Klumpen, die man früher für parasitische Würmer gehalten hat. Ihre systematische Stellung kann nur durch die Entwicklungsgeschichte bestimmt werden. (Fig. 6.) Hier zeigt sich, dass sie das den meisten Crustaceen eigenthümliche Naupliusstadium (Fig. 6 a) durchlaufen und

dass sie dann die Form von wohlgebildeten kleinen Krebsen annehmen, wie sie unter dem Namen Cyclops (Fig. 8) im Süsswasser sehr verbreitet sind (Fig. 6 b). Häufig macht das Männchen auf dem „Cyclopsstadium" Halt und das Weibchen entwickelt sich zu dem unförmlichen Klumpen weiter, so dass ein ganz auffallender Dimorphismus der Geschlechter besteht (Fig. 7). Alle diese Beispiele, die sich leicht zu Hunderten vermehren liessen, lassen sich in derselben Weise erklären. Die entwickelteren Formen durchlaufen die Organisationsstufen der minder entwickelten, weil sie von Vorfahren abstammen, welche mehr oder minder den letzteren ähnlich gewesen sind. Der Mensch durchläuft in seiner Entwicklungsgeschichte das Fischstadium, der Frosch das Perennibranchiatenstadium, der parasitische Krebs zuerst das Nauplius- und dann das Cyclopsstadium, weil ihre Vorfahren einmal

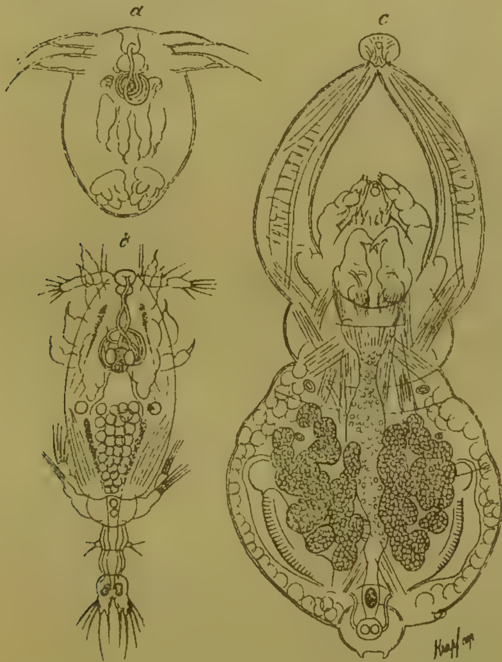


Fig. 6. Achtheres Percarum. *c* Weibchen, *a* Nauplius-, *b* Cyclopsstadium (nach Claus).

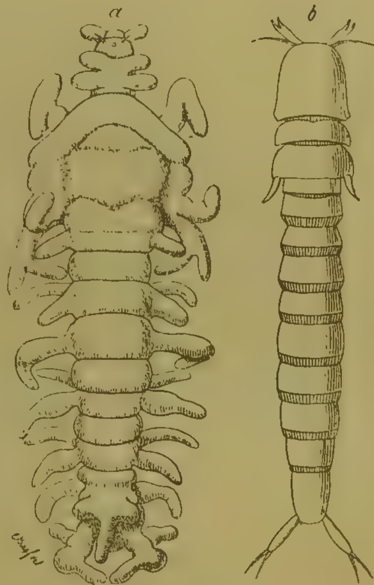


Fig. 7. Philichthys Xiphiae. *a* Weibchen (nach Claus) 4 mal vergrössert *b* Männchen (nach Bergsoe) 12 mal vergrössert.

Fischähnlich, Perennibranchiatenähnlich, Nauplius- und Cyclopsähnlich gewesen sind. Es äussert sich hier eine allgemeine Erscheinung, welche Haeckel unter dem Namen „biogenetisches Grundgesetz" in einen allgemeinen Satz gefasst hat. „Die Entwicklungsgeschichte eines Thieres (die Ontogenie) ist die kurze Recapitulation seiner Stammesgeschichte (Phylogenie), d. h. die wichtigsten Organisationsstufen, welche seine Vorfahren durchlaufen haben, treten, wenn auch etwas modificirt, in der Entwickelung des einzelnen Thieres wieder auf." **Biogenetisches Grundgesetz.**

Das biogenetische Grundgesetz lässt sich ebenso schön für einzelne Organe wie für die gesammten Thiere durchführen. Das Centralnervensystem der niederen Thiere (der Echinodermen, Coelenteraten, vieler Würmer) bildet einen Theil der Haut; es gehört bei seinem ersten Auftreten der Körperoberfläche an, weil diese die Beziehungen zur Aussenwelt vermittelt, deren Regelung dem Centralnervensystem unterliegt. Bei höher organisirten Thieren, z. B. den Wirbelthieren, liegen Hirn und Rückenmark tief in das Innere des Körpers eingebettet; beim Embryo aber werden sie ebenfalls als ein Theil der Haut (als Medullar-

platte) angelegt, von welcher aus sie erst allmählig durch Einfaltung und Abschnürung in das Innere verlagert werden; man kann diese

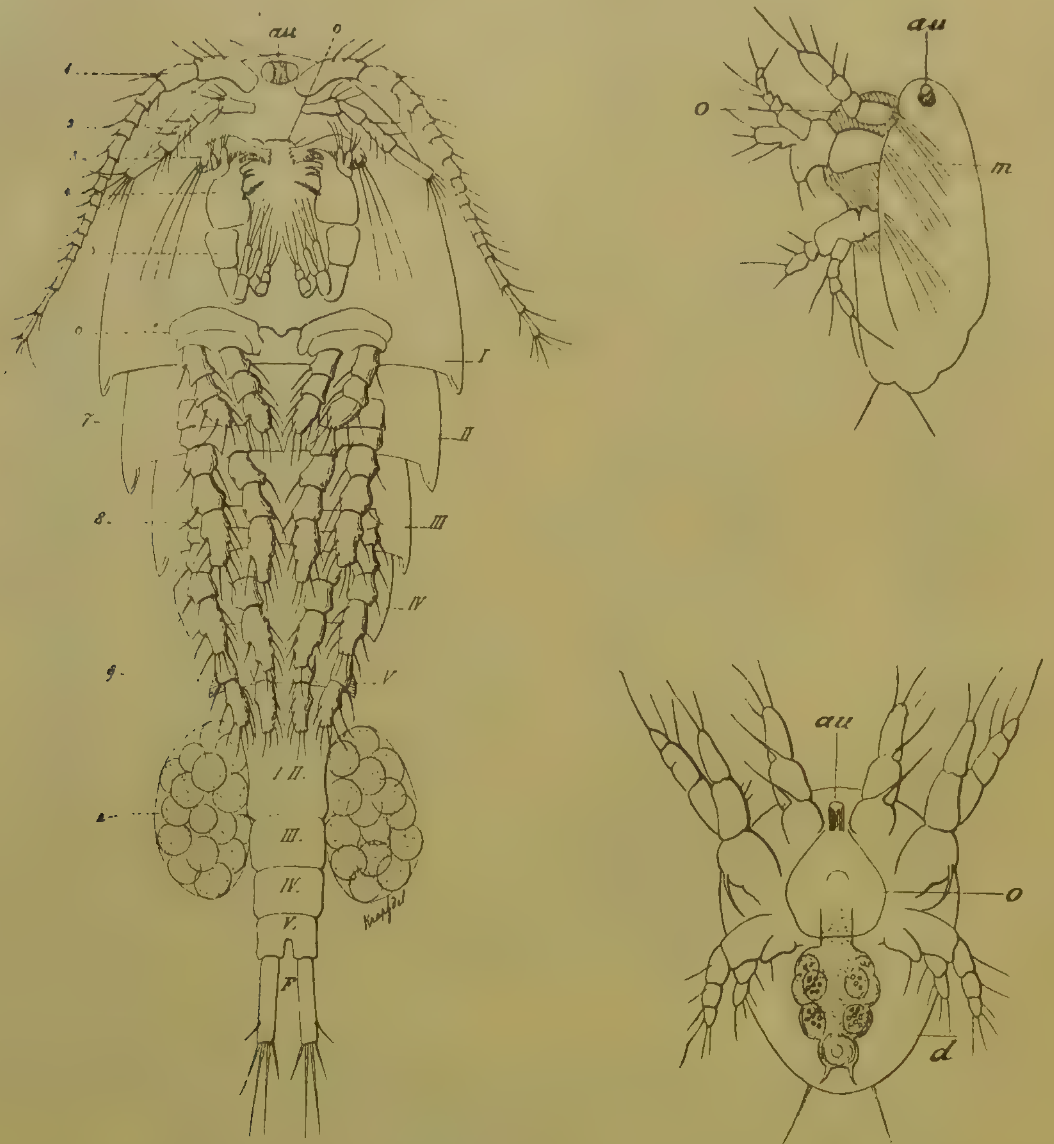


Fig. 8. Cyclops coronatus nebst Nauplius in seitlicher und ventraler Ansicht. *I—V* die 5 Thoracal- und weiterhin die 5 Abdominalsegmente, *F* Furca, *1* erste, 2 zweite Antenne, *3* Mandibel, *4* Maxille, *5* Pes maxillaris aus Innenast und Aussenast bestehend, *6—9* die ersten 4 Spaltfüsse, während der rudimentäre fünfte Spaltfuss verdeckt ist. *au* Auge, *o* Oberlippe, *e* Eiersäckchen, *d* Darm, *m* Muskeln.

Verlagerung auf Querschnitten durch die Rückengegend verschieden alter Embryonen für jedes Wirbelthier beweisen. (Fig. 9.)

Ein weiteres Beispiel sei das Skelet der Wirbelthiere. Bei den niedersten Wirbelthieren, dem Amphioxus und den Cyclostomen, fehlt die Wirbelsäule und an ihrer Stelle findet sich ein cylindrischer Gewebsstrang, die Chorda dorsalis. Bei den Fischen und Amphibien existirt die Chorda dorsalis meist ebenfalls noch; sie ist aber theilweise verdrängt und eingeengt durch die Wirbelsäule, welche bei den niederen Formen aus Knorpel, bei den höheren aus Knochen oder einem Gemisch von Knochen und Knorpel besteht. Ausgebildete Vögel und Säugethiere endlich haben eine vollkommen verknöcherte Wirbelsäule; ihre Embryonen

dagegen haben auf frühen Stadien nur die Chorda dorsalis (Amphioxusstadium) später wird die Chorda von der Wirbelsäule eingeengt (Fisch-Amphibienstadium) und schliesslich ganz ersetzt; dabei ist die Wirbelsäule anfangs knorpelig, um erst später zu verknöchern. Vergleichende Anatomie und Entwicklungsgeschichte ergeben somit dieselben Entwicklungsstufen des Axenskelets: 1. Chorda, 2. Chorda + Wirbelsäule, 3. Wirbelsäule, letztere zuerst aus Knorpel, dann aus Knochen gebildet.

Wir haben hier von einem Parallelismus zwischen den Thatsachen der vergleichenden Anatomie und der Entwicklungsgeschichte gesprochen. Thatsächlich sollte man aber eine dreifache Parallele erwarten. Denn den Lehren der Descendenztheorie zu Folge ist die systematische Anordnung der lebenden Thiere und der Entwicklungsgang jedes Einzelthieres durch einen dritten Factor, die historische Entwicklung der Thierwelt oder die Phylogenese, bedingt. Die Marksteine der Phylogenese, die Versteinerungen müssen nun, so sollte man erwarten, in den auf einander folgenden geologischen Schichten die gleiche aufsteigende Reihe ergeben, wie die vergleichend anatomisch und entwicklungsgeschichtlich gefundenen Formzustände. In der That

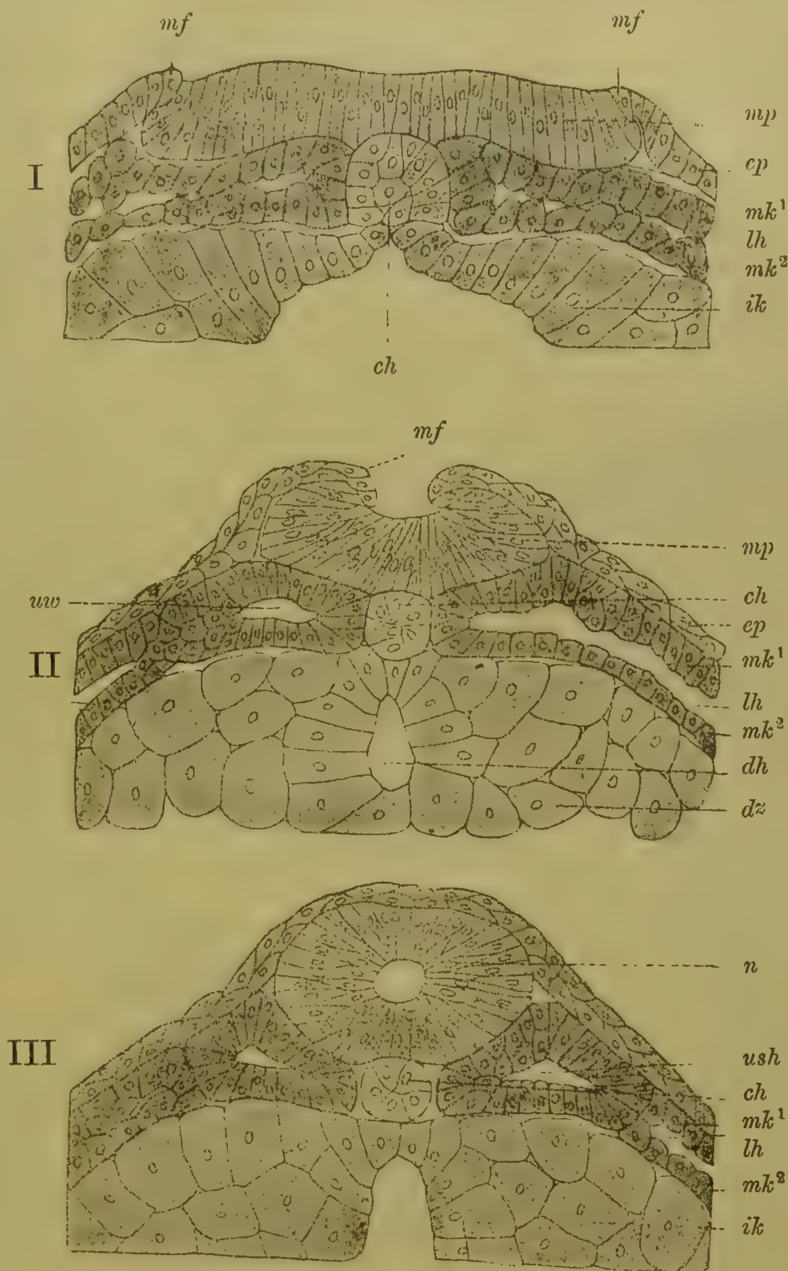


Fig. 9. Querschnitte durch die Rückengegend von 3 verschieden alten Tritonembryonen (aus O. Hertwig.)

I Die Medullarplatte (Anlage des Rückenmarks) *mp* grenzt sich gegen die Haut *ep* durch die Medullarfalten *mf* ab.

II Die Medullarplatte hatte sich zu einer Rinne durch Zusammenneigen der Medullarfalten eingebogen.

III Die Medullarplatte hat sich zum Rückenmarksrohr geschlossen.

Bezeichnungen: *mf* Medullarfalten, *mp* Medullarplatte, *n* das aus letzterer hervorgegangene Nervenrohr, *ep* Haut (Epidermis), *ch* Chorda, *mk* mittleres Keimblatt (*mk*[1] parietales, *mk*[2] viscerales Blatt desselben), *lh* Leibeshöhle, *ush* Ursegmenthöhlen, *ik* inneres Keimblatt, *dz* Dotterzellen desselben, *dh* Darmhöhle.

kennt man auch Beispiele einer derartigen dreifachen Parallele. Die vergleichende Anatomie lehrt, dass die niederste Entwicklungsform der Schwanzflosse der Fische die diphycerke ist (Fig. 10 A), dass sich aus ihr die heterocerke (B), aus dieser die homocerke

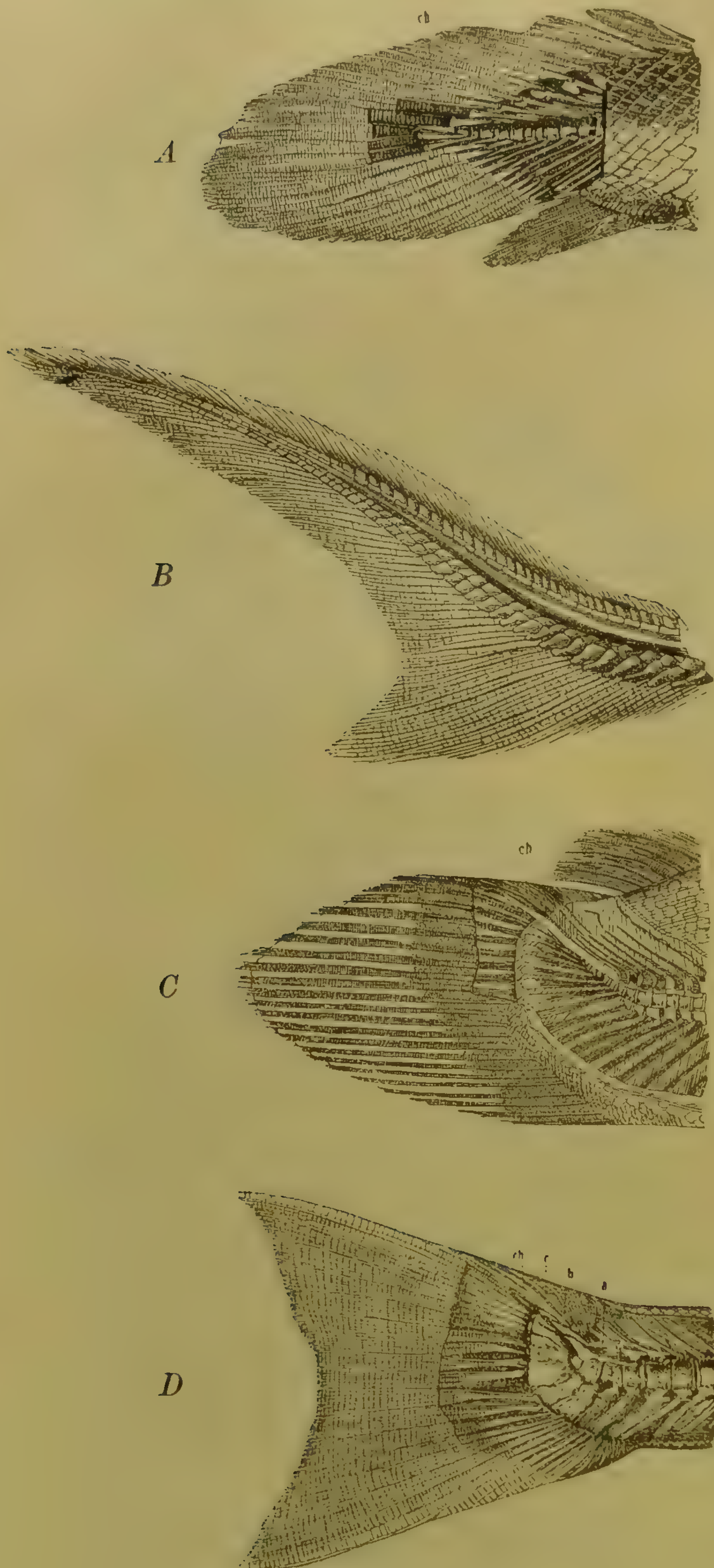


Fig. 10. Schwanzflossen verschiedener Fische (aus Zittel). *ch* Chorda, *a b c* Deckstücke der Chorda.

A diphycerke Flosse von Polypterus bichir (Wirbelsäule und Chorda theilen die Flosse in symmetrische dorsale und ventrale Abschnitte).

B heterocerke Flosse vom Stör (in Folge einer Aufwärtskrümmung von Chorda und Wirbelsäule ist die Flosse asymmetrisch geworden, der ventrale Abschnitt viel grösser als der dorsale).

C, D homocerke Flossen, *C* von Amia calva, *D* von Trutta salar (in Folge noch stärkerer Aufwärtskrümmung der Chorda und Wirbelsäule ist der dorsale Abschnitt fast ganz geschwunden und bildet der ventrale Abschnitt fast allein die äusserlich scheinbar symmetrische, im inneren Bau vollkommen asymmetrische Flosse).

Flossenform (C und D) ableiten lässt. Entwicklungsgeschichtlich sind weiterhin die höchst entwickelten Fische zuerst diphycerk, später heterocerk und werden zuletzt erst homocerk. Paläontologisch endlich sind die ältesten Fische diphycerk oder heterocerk, und erst später treten homocerke Formen auf.

Was wir hier kennen gelernt haben, ist nur ein geringer Bruchtheil des gewaltigen Beweismaterials, welches die Morphologie zu Gunsten der Descendenztheorie liefert; es sollte nur zur Erläuterung dienen, in

welcher Weise die morphologischen Beobachtungen verwerthet werden können. Für den reflectirenden Naturforscher sind die Thatsachen der Morphologie ein einziger grosser Inductionsbeweis zu Gunsten der Abstammungslehre.

4. Was nun schliesslich die Thiergeographie anlangt, so leuchtet ohne Weiteres ein, dass die jetzige Vertheilungsweise der Thiere ein Product vergangener Jahrhunderte und Jahrtausende ist. Man wird daher aus ihr Mancherlei von früheren Zuständen noch entziffern können, wenn auch mit der allergrössten Vorsicht und nach Ueberwindung der allergrössten Schwierigkeiten. **Thiergeographische Beweise.**

Nehmen wir an, alle Thierarten seien von Anfang an, so wie sie jetzt sind, geschaffen, so würden dieselben von dem zweckmässig denkenden Schöpfer in die ihrer Organisation am meisten zusagenden Territorien gesetzt worden sein; ihre Vertheilung über die Erdoberfläche würde daher ausschliesslich von Gunst und Ungunst der in den einzelnen Regionen herrschenden Lebensbedingungen, wie Klima, Nährverhältnisse u. s. w. bestimmt sein. Nehmen wir dagegen an, dass die Thierarten durch Umbildung aus einander hervorgegangen sind, so müsste für ihre Verbreitungsweise ausser den Existenzbedingungen noch ein zweites Moment, welches wir das geologische nennen wollen, maassgebend gewesen sein. Wir wissen, dass die Reliefverhältnisse der Erde sich im Laufe der gewaltigen Zeiträume der geologischen Perioden vielfach verändert haben, dass Länderstrecken, welche früher zusammenhingen, durch das eindringende Meer getrennt wurden, dass durch die Erhebungen der Gebirge ebenfalls wichtige, früher nicht vorhandene Scheidewände für die Ausbreitung der Thiere gebildet wurden. Aus dem Umstand, dass sich Hand in Hand zwei Umänderungen vollzogen haben, die Umänderung der Erdoberfläche und der auf ihr angesiedelten Thierwelt, ergiebt sich mit Nothwendigkeit die Consequenz, dass die Unterschiede im faunistischen Charakter zweier Länder um so grösser ausfallen müssen, je länger sie sich unabhängig von einander ohne wechselseitigen Austausch ihrer Thierbevölkerungen entwickelt haben, je länger ihre Bewohner durch eine unübersteigliche Grenze von einander geschieden waren. Für die einzelnen Thiergruppen wird der Charakter der Grenzen ein verschiedener sein; Landthiere, welche nicht fliegen können, werden durch Meeresarme, Meeresbewohner umgekehrt durch Länderstrecken an ihrer Verbreitung verhindert; für Landmollusken genügen schon hohe Gebirgskämme, welche kahl und dürr oder gar dauernd mit Schnee bedeckt sind.

Seitdem man auf diese Verhältnisse aufmerksam geworden ist, sind viele der Descendenztheorie günstige geographische Thatsachen ermittelt worden. Unter den einzelnen Continenten hat Australien faunistisch den selbständigsten Charakter; als es entdeckt wurde, besass es fast gar keine höheren (placentalen) Säugethiere, dafür die merkwürdigen Cloakenthiere (Schnabelthiere) und die Beutelthiere, welche in der alten Welt vollkommen ausgestorben sind und auch in Amerika nur noch durch wenige Arten vertreten werden. Die Erscheinung erklärt sich aus der geologischen Thatsache, dass in der Erdgeschichte Australien mit seinen anschliessenden Inseln sicherlich am frühesten aus jedem Zusammenhang mit den übrigen Continenten losgelöst wurde. Während in den 4 übrigen Erdtheilen die höheren Säugethiere sich aus den Beutelthieren entwickelten und ihre niederen Concurrenten bei dem Zusammenhang der Länder überall ganz oder annähernd vollkommen verdrängen

konnten, hat sich in dem isolirten Australien dieser Fortbildungsprocess nicht vollzogen und ein alterthümlicher faunistischer Charakter sich erhalten. — Wie Wallace gezeigt hat, zerfällt der malayische Archipel faunistisch in eine östliche und westliche Hälfte; innerhalb einer jeden Gruppe giebt es Inseln, welche trotz Verschiedenartigkeit des Klimas eine sehr ähnliche Fauna besitzen. Dagegen schneidet die faunistische Grenze zwischen zwei Inseln, Bali und Lombok durch, welche gleiches Klima besitzen und geographisch einander sehr genähert sind. Die Tiefe des Meeresarmes in dieser Gegend lässt nun aber erkennen, dass hier eine Grenze von geologisch ausserordentlich langem Bestand verläuft und dass erdgeschichtlich sich Bali im Zusammenhang mit dem westlichen, Lombok mit dem östlichen Inselcomplex entwickelt hat. — Lange Zeit vor Darwin hat schon der berühmte Geologe Leopold von Buch aus der Verbreitung der Pflanzen auf den canarischen Inseln den Schluss auf eine Umbildung der Arten zu neuen Arten gezogen; auf Inseln sollen sich in abgeschlossenen Thälern besondere Arten entwickeln, weil hohe Gebirgskämme Pflanzen mehr scheiden als weite Meeresstrecken. Für Käfer und Schnecken hat M. Wagner viele Beispiele gesammelt, dass nahe verwandte Arten durch Flüsse und Gebirgszüge scharf gegen einander abgegrenzt werden.

Causale Begründung der Descendenztheorie.

Die Darwin'sche Theorie, so weit wir sie bisher kennen gelernt haben, gleicht in ihren Grundzügen den Descendenztheorien, wie sie am Anfang dieses Jahrhunderts von Lamarck und anderen Zoologen vertreten wurden; sie unterscheidet sich von ihnen nur durch ihre viel umfassendere empirische Begründung und ferner dadurch, dass sie die durch die Typentheorie widerlegte einreihige Anordnung der Thiere aufgegeben und durch den „Stammbaum“, durch die verzweigte, baumartige Anordnungsweise ersetzt hat. Noch viel wichtiger sind aber diejenigen Vorzüge des Darwinismus, welche sich in der causalen Begründung der Descendenztheorie ergeben. Die Lehre von den Ursachen, welche die Umbildung der Arten veranlasst haben, bildet den Kernpunkt der Darwin'schen Theorie, durch den sie sich vornehmlich vom Lamarckismus unterscheidet. Um die Umbildungen der Arten ursächlich zu begründen, stellte Darwin seine hochbedeutende Lehre von „der natürlichen Zuchtwahl vermöge des Kampfes um das Dasein“ auf.

Künstliche Zuchtwahl.

Bei der Entwicklung dieser Lehre ging Darwin von dem engbegrenzten und daher leicht übersehbaren Gebiet der Domestication, der künstlichen Züchtung unserer Hausthierrassen aus. Viele unserer Hausthiere stammen unzweifelhaft von einer einzigen wild lebenden Art; andere wiederum stammen von mehreren Arten, sie machen aber jetzt auf uns vollkommen den Eindruck einer einzigen Art. Wie sind nun die so ausserordentlich verschiedenartigen Rassen der Tauben, die Pfauentauben, Kropftauben, kurz- und langschnäbeligen Tauben etc., die lang- und kurzgehörnten Rinder, die schweren langsamen Percherons und die zartgebauten schnellfüssigen Araberpferde entstanden? Unzweifelhaft durch die gleiche, mehr oder minder bewusste Beeinflussung von Seiten des Menschen, deren sich jetzt noch jeder planmässig vorgehende Thierzüchter bedient. Wenn dieser eine bestimmte Form erzielen will, so wählt er sich aus seinem Thierbestande geeignet scheinende Formen aus, welche, wenn auch in noch so geringfügiger Weise, dem angestrebten Ideal näher kommen als die übrigen, und bringt dieselben

unter einander zur Paarung. Durch planmässige Wiederholung dieser Auslese, indem er von jeder neuen Generation immer nur die geeigneten Individuen zur Aufzucht verwendet, erreicht der Züchter eine langsame, aber stetige Annäherung an das gesetzte Ziel. Will er z. B. Pfauentauben züchten, so wählt er aus seinem Taubenbestand Thiere mit möglichst zahlreich und kräftig entwickelten Schwanzfedern. Im Laufe von Generationen tritt dann eine Cumulirung des Charakters ein; die Zahl der Tauben mit gesteigerter Federzahl wird wachsen und so ein Material gewonnen werden, welches zu einer weiteren Vermehrung der Federzahl geeignet ist.

Bei der Züchtung, deren ungeheure Wirksamkeit jedem Beobachter unserer Hausthiere klar zu Tage liegt, kommen in Betracht: 1. die Variabilität; die Nachkommenschaft eines Elternpaares hat die Fähigkeit, neue Charaktere zu entwickeln und sich dadurch vom Aussehen der Eltern zu entfernen; 2. die Erblichkeit neu auftretender Charaktere; es besteht die Tendenz, dass die Tochtergeneration die neu entstandenen Charktere auf die Enkelgeneration überträgt; 3. die künstliche Zuchtwahl; der Mensch sucht sich zur Züchtung geeignete Individuen aus und verhindert dadurch, dass ein durch Variation entstandener neuer Charakter durch Kreuzung mit Thieren von entgegengesetzter Variationstendenz wieder verschwindet.

Vergleichen wir mit den Befunden der Domestication die Verhältnisse der im Naturzustand lebenden Thiere, so finden sich als wirksame, allen Organismen innewohnende Kräfte Variabilität und Erblichkeit ebenfalls wieder, wenn auch erstere nicht überall in gleicher Intensität. Viele Arten giebt es, die gar nicht oder unbedeutend variiren, und sich daher durch Jahrtausende unverändert erhalten haben. Diesen conservativen Arten stehen aber in jeder Gruppe progressive Arten gegenüber, lebensvolle Arten, welche in einem regen Umbildungsprocess begriffen und daher allein für das Auftreten neuer Arten von Bedeutung sind. Da die Vererbungsfähigkeit allen Organismen zukommt, so fehlt uns nur ein der künstlichen Zuchtwahl entsprechender Factor, und diesen hat Darwin in der sogenannten „natürlichen Zuchtwahl“ aufgefunden.

Natürliche Zuchtwahl; Kampf um's Dasein.

Die natürliche Zuchtwahl findet ihre Angriffspunkte in der enormen Zahl von Keimen, welche ein jedes Thier producirt. Es giebt Thiere, z. B. die meisten Fische, welche viele Tausende von junger Brut im Laufe ihres Lebens erzeugen, von Parasiten gar nicht zu reden, bei welchen die Eier nach vielen Millionen zählen. Für die Entwicklung dieser Thiermenge hat die Erde keinen Platz; denn wenn wir selbst ein langsam sich vermehrendes Thier der Rechnung zu Grunde legen, wie z. B. den Elephanten, und annehmen würden, dass alle Nachkommenschaft, welche er erzeugt, am Leben bliebe und sich in normaler Weise fortpflanze, so würden wenige Jahrhunderte es dahin bringen, dass die Erde von Elephantenheerden vollkommen besetzt wäre. Um das Gleichgewicht im Haushalt der Natur aufrecht zu erhalten, müssen grosse Mengen von unbefruchteten und befruchteten Eiern, ferner von jungen und erwachsenen, aber noch nicht zum physiologischen Lebensende gediehenen Thieren zu Grunde gehen. Viele Existenzen werden unzweifelhaft durch rein zufällige Einflüsse vernichtet werden; im Grossen und Ganzen werden jedoch am meisten den drohenden Gefahren diejenigen Individuen entgehen, welche am besten geschützt sind. Geringe Vortheile im Bau werden bei diesem Ringen um die Existenz

von Wichtigkeit werden und den Trägern derselben vor ihren Artgenossen einen Vorzug gewähren, ebenso wie bei der Domestication jedes dem Menschen gefallende oder nützlich dünkende Merkmal an einem Hausthier dem Träger des Merkmals zum Vortheil gereicht. Unter den vielerlei auftretenden Varietäten werden die passenden erhalten werden und im Laufe vieler Generationen durch Summation sich steigern, während die ungeeigneten Varietäten der Vernichtung anheimfallen. So werden sich neue Formen bilden, welche „der natürlichen Auslese im Kampf um das Dasein“ ihre Existenz verdanken.

Der Ausdruck „Kampf um's Dasein“ ist ein bildlicher. Denn nur in seltenen Fällen wird ein activer, bewusster Kampf über die Existenzaussichten eines Thieres entscheiden, wie z. B. bei den Raubthieren, wo diejenigen, welche ihren Mitbewerbern vermöge ihrer Körperstärke die Beute streitig machen können, bei beschränkter Nahrung am besten gedeihen werden. Viel häufiger ist das unbewusste Kämpfen; jeder Mensch, welcher sich selbst eine günstigere Stellung durch besondere Intelligenz und Thatkraft erringt, beschränkt zahlreichen seiner Mitmenschen in gleichem Maasse die Lebensbedingungen, mag er noch so sehr sich der Humanität befleissigen. Die Beutethiere, welche durch besondere List oder Schnelligkeit ihren Verfolgern entgehen, sind die Ursache, dass die Fressgier der Feinde sich auf ihre minder begünstigten Artgenossen concentrirt. Häufig kann nicht einmal von einem Wettbewerb die Rede sein, so z. B. wenn bei einer schweren Epidemie gewisse Menschen der Krankheit nicht zum Opfer fallen, weil ihre Organisation der Infection widersteht oder die Krankheit besser verträgt. Hier würde sich der Ausdruck „Ueberleben des Passendsten“, den Spencer für den Ausdruck „Kampf um's Dasein“ vorgeschlagen hat, viel besser eignen.

Obwohl schon die vorgetragenen allgemeinen Betrachtungen genügen, um zu beweisen, dass der Kampf um's Dasein in der organischen Welt eine ganz ungeheure Rolle spielt, so wollen wir doch bei der Wichtigkeit des Gegenstandes seine Existenz noch an einigen concreten Beispielen erläutern. Die am Anfang des vorigen Jahrhunderts aus Asien eingedrungene Wanderratte (Mus decumanus) hat im Lauf der seitdem verflossenen Zeit die in Europa einheimische Hausratte fast vollkommen vernichtet und fährt fort, ihr in anderen Welttheilen ebenfalls die Existenz unmöglich zu machen. Einige europäische Distelarten haben sich in den La Plata-Staaten so enorm vermehrt, dass sie stellenweise die einheimischen Pflanzen vollkommen verdrängt haben. Eine andere europäische Pflanze (Hypochoeris radicata) ist in Neu-Seeland zu einem Alles überwuchernden Unkraut geworden. Gewisse Menschenrassen, wie die Dravida's und Indianer sterben in demselben Maasse aus, als andere Menschenrassen, wie Kaukasier, Mongolen und Neger sich ausbreiten. Je mehr man in der erläuterten Weise in das unendlich complicirte Gewebe der Beziehungen der Thiere zu einander, der Thiere zu den Pflanzen und den climatischen Verhältnissen einzudringen versucht, wie es Darwin gethan hat, umsomehr wird man die Wirkungsweise des Kampfes um's Dasein würdigen lernen. Dann wird man auch auf viele äusserst interessante Erscheinungen aufmerksam werden, welche durch die Lehre vom Kampf um's Dasein sofort ihre Erklärung finden, während sie sonst unverständlich sein würden. Solche sind die wechselseitigen Anpassungen der Blumen und Insecten, die Fälle von sympathischer Färbung und von Mimicry,

endlich das Auftreten der Geschlechtscharaktere als die Folge der sexuellen Zuchtwahl.

Sympathische Färbung.

1. Sympathische Färbung nennt man die Erscheinung, dafs sehr häufig in Gegenden, welche dauernd oder vorübergehend eine einheitliche Färbung haben, das Kleid der Thiere durch die gleiche oder mindestens eine sehr ähnliche Färbung ausgezeichnet ist. Bewohner der Schneeregion sind weiss gefärbt, Wüstenthiere haben die fahlgelbe Farbe der Wüste, Thiere, welche im oberflächlichen klaren Seewasser leben, sind crystallartig durchsichtig; Angehörige der verschiedensten Thierstämme zeigen dieselbe Erscheinung. Die Vortheile, die damit verbunden sind, bedürfen kaum der Erläuterung; jedes Thier, mag es Ursache haben, sich vor seinen Verfolgern zu verbergen oder darauf angewiesen sein, sich seiner Beute unbemerkt zu nähern, wird hierzu um so befähigter sein, je mehr es seiner Umgebung gleicht. Jeden nach dieser Richtung sich ergebenden Vortheil wird die natürliche Auslese festhalten und im Laufe vieler Generationen steigern.



Fig. 11. **Blattschmetterlinge.** *A* **Kallima paralecta fliegend,** *a* **sitzend (nach Wallace).** *B.* **Siderone strigosus fliegend,** *b* **sitzend (nach C. Sterne).**

Mimicry.

2. Auf dasselbe Princip ist die „Mimicry“ zurückzuführen, nur dass die Nachahmung sich hier nicht auf die Farbe beschränkt, sondern auch Gestalt und Zeichnung beeinflusst. Ausserordentlich häufig werden Pflanzentheile nachgeahmt, seien es Blätter, seien es Stengel. Gewisse Tagschmetterlinge mit prächtig gefärbten Flügeloberseiten (Fig. 11) entziehen sich während des Fluges durch ihre Schnelligkeit ihren Verfolgern; wenn sie sich zur Ruhe niederlassen, werden sie durch ihre grosse Aehnlichkeit mit den Blättern der Pflanze, welche sie vornehmlich umschwärmen, geschützt. Indem die Flügel aufwärts geklappt werden, kommt die dunkle Färbung der Unterseiten zur Geltung und

verdeckt die Farbenpracht der Oberseiten. Die Theile werden so auf einander gelegt, dass das Ganze Blattform ergiebt und gewisse Zeichnungen sogar zur Nachahmung der Blattnervatur zusammenstimmen. Unter den zahlreichen Arten der Blattschmetterlinge giebt es verschiedene Grade der Vollkommenheit; bei manchen sind sogar die Schäden des Insektenfrasses nachgeahmt, bei anderen ist Form und Zeichnung der Flügel noch unvollkommen blattähnlich, die Zeichnung gleichsam erst im Werden. Auch unter den Heuschrecken giebt es Blattnachahmer, so die wandelnden Blätter: Phyllium siccifolium, Ph. Scythe, während andere, ganz nahe verwandte Formen wiederum mehr oder

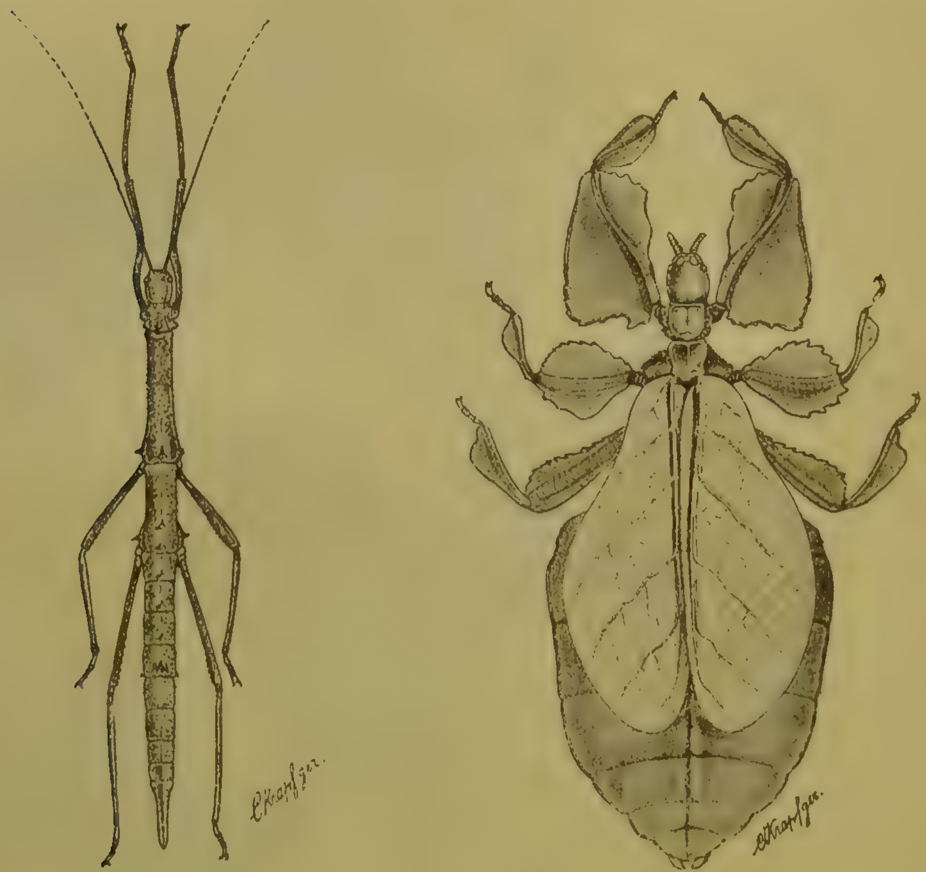


Fig. 12. Heuschrecken-Mimicry.

a. Acanthoderus Wallacei ♀. b. Phyllium Scythe ♀.

minder vollkommen das Aeussere dürrer, ab und zu auch dorniger Aeste angenommen haben. (Fig. 12 a u. b.)

Sehr häufig werden Insekten von anderen Thieren copirt. Gewisse Schmetterlinge, Heliconier, fliegen in grossen Schwärmen schwerfällig und trotzdem von Vögeln unbehelligt, weil sie einen übel schmeckenden Fettkörper enthalten. Zwischen sie mengen sich andere Schmetterlingsarten, Pieriden, welche nicht übel schmecken und doch nicht gefressen werden, weil sie im Flug, im Schnitt und in der Zeichnung der Flügel die Heliconier so trefflich nachahmen, dass selbst ein Systematiker leicht über ihre systematische Stellung getäuscht werden kann.

(Fig. 13.) Ebenso werden die wegen ihres Stachels gefürchteten Bienen und Wespen von anderen Insekten nachgeahmt. In Borneo lebt eine grosse, schwarze Wespe, deren Flügel einen breiten weissen Fleck in der Nähe der Spitze haben (Mygnimia aviculus); ihr Nachäffer ist ein heteromerer Käfer (Coloborhombus fasciatipennis), der ganz der Gewohnheit der Käfer entgegen seine Hinterflügel ausgebreitet hält und ihren weissen Fleck an der Spitze zeigt, während die Deckflügel zu kleinen ovalen Schuppen geworden sind. (Fig. 14.)



Fig. 13. Methona psidii, eine übel schmeckende Heliconide, copirt von der Pieride Leptalis orise (nach Wallace).



Fig. 14. Mygnima aviculus, eine Wespe, nachgeahmt von einem Käfer Coloborhomus fasciatipennis (nach Wallace). 3/4 Gr.

Fig. 14.

3. Unter geschlechtlicher Zuchtwahl verstehen wir einen besonderen Unterfall der natürlichen Zuchtwahl, welcher vorwiegend bei Vögeln und Hufthieren beobachtet wird. Zur Befriedigung seiner Lust sucht hier das Männchen seine Concurrenten aus dem Felde zu schlagen, entweder im Kampf oder indem es die Weibchen durch besondere Vorzüge an sich fesselt. Mit kräftigen Flügeln und den Sporen des Laufknochens suchen die Hähne sich den Besitz ihrer Herde zu sichern, die Hirsche mittelst ihres Geweihes, die Stiere durch ihre Hörner; durch prächtige Färbung gewinnen die Paradiesvögel, durch Gesang die meisten Singvögel, durch eigenthümliche Liebestänze manche Hühnerarten die Geneigtheit des Weibchens. Da alle diese Merkmale vorwiegend dem Männchen zukommen und nur ausnahmsweise und dann minder ausgeprägt auch auf das Weibchen übertragen werden, ist es fast gewiss, dass sie beim Männchen durch den Kampf um das Weibchen gross gezogen wurden. Bei den Vögeln wird allerdings noch ein zweites Moment mitgewirkt haben, Geschlechtliche Zuchtwahl.



Fig. 15 a.

um den enormen Unterschied in der Befiederung, wie er z. B. bei den Paradiesvögeln besteht (Fig. 15), auszuprägen. Für das nistende Weibchen werden unscheinbare Farbe und schlicht anliegendes Federkleid nothwendig sein, damit es ungestört von Feinden dem Brutgeschäft obliegen kann. — —

Beurtheilung der Selectionstheorie.

Im Laufe der letzten Jahrzehnte ist viel darüber gestritten worden, in wie weit die natürliche Auslese für sich allein schon ein Arten bildendes Princip ist. Von vielen Seiten ist der Einwand gemacht worden, dass die in der Natur vorkommenden Variationen bei ihrem ersten Auftreten meist viel zu geringfügig seien, um dem Organismus zu nützen und so Gegenstand der natürlichen Auslese zu werden. Damit z. B. die Flügel der Vögel zum Fluge verwandt werden können, müssen sie schon eine aussergewöhnliche Grösse erreicht haben; die bewegenden Muskeln, die stützenden Skeletstücke, die hinzutretenden Nerven müssen eine bestimmte Ausbildung und Anordnung besitzen; kurz und gut, es muss ein harmonisches Ineinandergreifen der Theile vorhanden



Fig. 15 b.
Paradisea apoda, Männchen u. Weibchen, nach Levaillant.

sein, welches eine stetige und gleich gerichtete Entwicklung während langer Zeiträume voraussetzt, während deren der Kampf um's Dasein keinen richtenden Einfluss ausüben konnte. Ein weiterer Einwand besagt, dass die Wirkungsweise der natürlichen Auslese unter gewöhnlichen Verhältnissen durch die entgegengesetzte Wirkung der unbehinderten Kreuzung der variirenden Formen ausgeglichen werden müsse. Wenn man z. B. Pfauentauben nicht von den übrigen Tauben isolirt, so würden sie mit denselben sich kreuzen und die Nachkommen bald den Habitus gewöhnlicher Tauben wieder annehmen. Endlich ist hervorgehoben worden, dass zur Entstehung neuer Arten eine einfache Umbildung der Formen nicht ausreicht; es muss noch weiter hinzukommen: 1. eine Umbildung nach verschiedenen Richtungen hin, eine divergente Entwicklung des Individuenbestandes einer Art, 2. die Vernichtung der Zwischenformen, welche die divergenten Formen unter einander verbinden.

Der Einwand, dass der Kampf um's Dasein die zur Ausbildung nöthige divergente Entwicklung der Individuen nicht veranlassen könne, fällt am wenigsten in's Gewicht. Ohne Weiteres muss zugegeben werden, dass von vielen bei einer Art gleichzeitig auftretenden Variationen zwei oder mehr zugleich von Vortheil sein können, dass sich dann ein Theil der Individuen des einen, ein anderer Theil des anderen Vortheils bemächtigen wird, dass beide Theile sich in Folge dessen nach verschiedenen Richtungen hin entwickeln werden. Dabei werden die Mittelformen, welche weder nach der einen noch nach der anderen Richtung hin besonders ausgeprägt sind, in eine ungünstige Stellung gerathen; sie müssen mit beiden Gruppen einseitig differenzirter Artgenossen den Kampf um's Dasein aufnehmen und als minder vollkommen ausgerüstet in demselben unterliegen.

Wichtiger sind die beiden an erster Stelle genannten Einwände; sie haben zu Theorien geführt, welche ursprünglich bestimmt schienen, die Darwin'sche Theorie zu ergänzen, im Lauf der Discussion aber immer mehr den Anspruch erhoben haben, sie ganz zu verdrängen. Im Folgenden mögen diese Theorien ihre Darstellung finden, wenn es auch mit Rücksicht darauf, dass wir uns zur Zeit noch mitten in den Reformbewegungen befinden, hier nicht am Platz ist, zu erörtern, ob die Theorien neben der Lehre vom Kampf um's Dasein bestehen können, oder ob sie dieselbe ausschliessen.

Migrationstheorie.

Um zu erklären, wie es kommt, dass durch Variation neu gebildete Charaktere Bestand haben und nicht durch Kreuzung mit anders gearteten Individuen wieder verschwinden, hat M. Wagner die Theorie von der geographischen Isolirung oder die Migrationstheorie aufgestellt. Neue Arten sollen entstehen, wenn von dem Individuenbestand einer Art ein Theil sich auf Wanderung begiebt oder passiv verschleppt wird und so nach einem neuen Aufenthaltsort kommt, an welchem die Kreuzung mit den zurückgebliebenen Artgenossen nicht möglich ist. Das Gleiche soll eintreten, wenn ein von einer Art besiedeltes Gebiet durch geologische Ereignisse in zwei Gebiete, zwischen denen kein Formenaustausch mehr möglich ist, geschieden wird. Die unter den alten Verhältnissen belassenen Thiere sollen den ursprünglichen Artcharakter beibehalten, die Auswanderer dagegen sich zu einer neuen Art umwandeln. Für die Berechtigung der Theorie sprechen directe Beobachtungen. Eine am Anfang des 15. Jahrhunderts ausgesetzte Kaninchenzucht hat sich auf der Insel Porto-Santo bis in die Neu-

zeit enorm vermehrt; dabei hat die Nachkommenschaft die Charaktere einer neuen Art angenommen. Die Thiere sind kleiner und bissiger geworden, sie haben eine gleichförmig röthliche Farbe erhalten und lassen sich mit den bei uns einheimischen Kaninchen nicht mehr paaren. Ein weiterer Beweis für die Theorie der geographischen Isolirung ist ferner der eigenartige faunistische Charakter von Territorien, welche von angrenzenden Ländern durch unüberwindliche Barrieren, breite Flüsse oder Meeresarme, hohe Gebirgszüge (cfr. Seite 34) getrennt sind; besonders lehrreich ist in dieser Hinsicht der eigenartige faunistische Charakter fast aller Inseln. Die Fauna einer Insel ähnelt im Allgemeinen der Fauna des Festlands, von dem die Insel durch geologische Ereignisse abgelöst wurde; nur besitzt sie vielfach nicht dieselben, sondern sogenannte „vicariirende Arten", d. h. Arten, welche bis auf gewisse Merkmale den Festlandsarten gleichen. Solche vicariirende Arten sind offenbar dadurch entstanden, dass abgelöste Individuengruppen, auf die Insel versprengt, eine von der Ausgangsform divergente Entwicklung genommen haben. — Bei aller Anerkennung der Migrationstheorie wird es niemals möglich sein aus ihr allein die Vielgestaltigkeit der Organismenwelt zu erklären. Dazu müsste man annehmen, dass früher eine ungeheure Umbildungsfähigkeit der Erdoberfläche bestanden hat, während gerade die neueren Untersuchungen es wahrscheinlich machen, dass die Vertheilung von Land und Wasser lange nicht in dem Maasse, wie man früher annahm, gewechselt hat. Auch lehrt die Erfahrung der Botaniker, dass mehrere Varietäten an demselben Standort entstehen und Constanz gewinnen können.

Lamarckismus.

Während die Migrationstheorie mit dem Darwinismus darin übereinstimmt, dass sie die durch Variation auftretenden neuen Charaktere als ein Product des Zufalls betrachtet, ist von anderen Seiten gerade dieser Theil der Lehre zum Gegenstand eingehender Kritik gemacht worden. Manche Zoologen haben auf die causale Begründung der Descendenztheorie durch Lamarck zurückgegriffen und erblicken die Ursachen der Artumbildung zum Theil in dem unmittelbaren Einfluss der wechselnden Existenzbedingungen, zum Theil in dem durch den Wechsel der Existenzbedingungen veränderten Gebrauch und Nichtgebrauch der Organe. Beide Principien sollen ausreichen, um auch ohne Zuhilfenahme des Kampfes um's Dasein die Phylogenese der Organismen zu erklären.

In wie weit die Existenzbedingungen eine dauernde Veränderung im Bau der Pflanzen und Thiere ausüben können, dies zu entscheiden ist bei der Verschiedenartigkeit der in Frage stehenden Einflüsse kein einheitliches Problem. Bei einem Wechsel der Ernährung verändern sich Organismen in ganz auffälliger Weise und innerhalb kurzer Zeit; aber gerade diese Veränderungen (Ernährungsmodificationen Naegeli's) scheinen für gewöhnlich keinen dauernden Bestand zu haben. Pflanzen, welche aus dem in der Natur ihnen zukommenden mageren Boden in fettes Erdreich versetzt werden oder umgekehrt, nehmen sehr bald ein ganz anderes Aussehen an und behalten dasselbe auch durch die folgenden Generationen bei, so lange diese im fetten Erdreich bleiben; ebenso rasch tritt aber der Rückschlag ein, wenn die Pflanzenart in ihre ursprünglichen Existenzbedingungen zurückgelangt. Eine Veränderung scheint im Allgemeinen um so dauerhafter zu sein, je langsamer sie sich entwickelt. Bei Versuchen über den Einfluss der Existenzbedingungen wird man daher am ehesten auf Erfolg rechnen können, wenn

man mit langsam wirkenden Factoren experimentirt, wie Licht und Wärme, trockener oder feuchter Luft, verschiedenen Intensitäten der Schwerkraft, Reizwirkungen, welche von Organismen der Umgebung ausgelöst werden.

Was nun die Wirksamkeit von Uebung und Nichtübung anlangt, so ist es unzweifelhaft, dass die Erscheinungsweise eines Thieres in hohem Maasse von der Art, wie es seine Organe benutzt, beeinflusst wird. Die der Uebung unterliegenden Organe werden in ihm besonders kräftig, die vom Gebrauche ausgeschlossenen umgekehrt schwächlich werden. Fraglich ist nur, ob die so entstehenden, im strengsten Sinne des Wortes neu erworbenen Eigenschaften erblich sind, oder ob nicht vielmehr die Nachkommen, um zum gleichen Ziel zu gelangen, die Uebung und Nichtübung von Neuem in gleicher Weise beginnen müssen. Im letzteren Falle wäre eine Cumulirung des Charakters und damit die Möglichkeit, dass derselbe zu einem dauernden werde, ausgeschlossen. Leider fehlt es noch immer auf diesem der experimentellen Behandlung zugängigen Gebiet an einwurfsfreien Erfahrungen. Am meisten sprechen zu Gunsten des Larmarck'schen Princips zur Zeit die rudimentären Organe. Wenn wir sehen, dass Höhlenthiere, welche seit vielen Generationen im Dunkeln leben, blind sind, indem sie entweder gar keine Augen mehr besitzen oder functionsuntaugliche Reste von solchen, so liegt allerdings die Ansicht nahe, dass mangelnder Gebrauch diese Veränderung verschuldet habe, indem er zu einer von Generation zu Generation zunehmenden functionellen und anatomischen Untüchtigkeit geführt hat. Man sollte nun meinen, was für die Nichtübung gilt, müsste sich im entgegengesetzten Sinne auch bei der Uebung äussern.

Naegeli's Princip der Progression.

Zum Schluss haben wir noch die Umbildung der Arten aus eigenen inneren Ursachen zu betrachten, das was C. E. von Baer mit dem wenig geeigneten, weil leicht irre leitenden Ausdruck „Zielstrebigkeit", Naegeli als „Vervollkommnungsprincip" oder „Princip der Progression" bezeichnet hat. Es kann wohl nicht geleugnet werden, dass eine jede Art aus eigenen inneren Ursachen genöthigt ist, sich zu neuen Formen zu entwickeln, unabhängig von äusseren Existenzbedingungen und unabhängig bis zu einem bestimmten Grad vom Kampf um das Dasein. In allen Thierstämmen sehen wir den Fortschritt vom Niederen zum Höheren sich vollziehen, vielfach in ganz ähnlicher Weise, trotzdem die Thiere unter sehr verschiedenen Entwicklungsbedingungen lebten. Wir sehen, wie das bei niederen Formen oberflächlich gelagerte Nervensystem bei höheren in die Tiefe des Körpers verborgen wird, wie das Auge, zunächst ein einfacher Pigmentfleck, bei Würmern, Arthropoden, Weichthieren und Wirbelthieren mit Hilfseinrichtungen wie Linse, Glaskörper, Iris, Chorioidea etc. ausgerüstet wird. Darin erblicken wir eine Energie zur Vervollkommnung, welche, da sie überall vorkommt, von den individuellen Lebensbedingungen unabhängig sein und im Wesen der lebenden Substanz ihre besondere Erklärung haben muss.

Es ist keineswegs richtig, eine Auffassung, wie sie hier ausgesprochen wurde, eine teleologische zu nennen und als unnaturwissenschaftlich zu verwerfen; vielmehr erscheint in ihr der Organismus ebenso mechanisch bedingt, wie eine Billardkugel, deren Verlauf doch nicht nur durch die Reibung mit den Wandungen des Billards, sondern zum guten Theil durch die ihr innewohnende, durch den Stoss ihr übertragene Kraft bestimmt wird. Auch ein Organismus ist ein Kräftereservoir, welches sich mit Nothwendigkeit aus sich heraus weiter entwickeln muss, nur dass

es von ausserordentlicher Complication und in gleichem Maasse auch von der Aussenwelt noch viel unabhängiger ist. Eine vollkommene Unabhängigkeit wird natürlich niemals vorhanden sein und ist auch von Naegeli nicht behauptet worden. Nebenher wird vielmehr stets eine „Bewirkung" (Naegeli) der Aussenwelt einhergehen, ein modificirender Einfluss, der von den äusseren Existenzbedingungen entweder direct oder durch Vermittelung von Uebung und Nichtübung in der oben besprochenen Weise ausgeübt wird.

Wir haben hier ausführlicher bei der Darstellung der Descendenz-Theorie verweilt, weil sie unzweifelhaft in der Geschichte der Zoologie die bedeutsamste Erscheinung ist. Keine andere Theorie hat so sehr in den Entwicklungsgang der zoologischen Forschung eingegriffen, keine ihr so viele neue Probleme gestellt und neue Forschungsgebiete eröffnet. Keiner zoologischen Theorie kommt somit ein gleich hervorragender „heuristischer" Werth zu. Auf die vielen Einwände, welche gemacht worden sind, die Theorie sei ungenügend begründet, lässt sich nur erwiedern, dass sie bei dem derzeitigen Stande unseres Wissens die einzige Theorie ist, welche mit unseren Erfahrungen übereinstimmt und dieselben auf einheitliche Weise und auf naturwissenschaftlicher Basis erklärt. In diesem Satz ist zugleich das Lob der Descendenztheorie, zugleich aber auch eine Einschränkung für ihre Giltigkeit gegeben. Denn einerseits leitet der Satz die Ansprüche der Theorie auf Giltigkeit aus dem Bedürfniss des menschlichen Geistes nach einer einheitlichen Erklärung der naturwissenschaftlichen Thatsachen ab, andererseits macht er den Grad der Berechtigung von dem jeweiligen Stand unserer Erfahrung abhängig. Beidesmals handelt es sich um keine constanten Grössen. Viele Naturforscher haben nicht das Bedürfniss die Erfahrungen der Palaeontologie, der Thier- und Pflanzenkunde in ursächlichen Zusammenhang zu bringen; ihnen wird man daher die Darwin'sche Theorie ebensowenig wie jede andere Gleiches anstrebendeTheorie beweisen können. Indessen auch reflectirende Naturforscher werden immer im Auge behalten müssen, dass unsere Naturerkenntniss in beständigem Fortschreiten begriffen ist und zusehends eine Erweiterung und Vertiefung erfährt. Es ist möglich, ja sogar wahrscheinlich, dass diese Fortschritte auch zu manchen Umgestaltungen der Theorie führen werden. Namentlich wird die Lehre von den Ursachen, welche die Bildung neuer Arten veranlassen, noch vielfachem Wandel unterworfen werden. Dagegen kann man wohl mit grosser Sicherheit behaupten, dass das Descendenzprincip, welches durch den Darwinismus zum ersten Male zur Herrschaft gelangt ist, einen dauernden Grundpfeiler der zoologischen Forschung ausmachen wird.

Allgemeine Zoologie.

In den Lebenserscheinungen der Thiere lässt sich ein gewisses Maass von Gleichartigkeit durch das ganze Thierreich verfolgen; die Art, wie sich die Thiere ernähren und fortpflanzen, wie sie sich bewegen und wie sie empfinden, ist in grossen Gruppen im Wesentlichen die gleiche und kann sogar bei weit entfernten Formen mancherlei Uebereinstimmung bieten. Demgemäss müssen auch die Einrichtungen, welche für die genannten Functionen getroffen sind, die Organe der Ernährung und Fortpflanzung, der Bewegung und Empfindung in ihrem gröberen und feineren Bau und in ihrer Entwicklungsweise einander ähnlich sein und einige stets oder häufig wiederkehrende Grundzüge erkennen lassen. Alles dies bedarf einer allgemeinen Erörterung, bevor wir auf die Schilderung der einzelnen Thierstämme eingehen können. Diese Erörterung ist Gegenstand der allgemeinen Zoologie, speziell der allgemeinen Anatomie und Entwicklungsgeschichte oder der thierischen Morphologie.

Hat man auf anatomischem und entwicklungsgeschichtlichem Wege das allgemeine Wesen des thierischen Organismus begriffen, so muss man ferner seine Beziehungen zur Umgebung in das Auge fassen. Zur Lehre von den Lebensverhältnissen der Thiere, der Oekologie oder Biologie, haben wir die geographische Verbreitung der Thiere — ihre Vertheilung über die Oberfläche der Erde und in den verschiedenen Meerestiefen — zu rechnen, ferner die Wechselbeziehungen von Thier und Pflanze, von Thier zu Thier, wie sie in Staatenbildung, Symbiose, Parasitismus zu besonderem Ausdruck gelangen.

Bei der allgemeinen Anatomie, mit welcher wir beginnen werden, wollen wir den Gedanken zu Grunde legen, wie sich ein Organismus aus seinen Bestandtheilen aufbaut. Wir werden dabei im Geiste das entgegengesetzte Verfahren befolgen von dem, welches die Anatomie thatsächlich einschlägt, wenn sie den thierischen Körper in seine Elementartheile, seine Organe, Gewebe und Zellen auflöst. Anstatt analytischer werden wir synthetische Anatomie treiben.

Die Synthese eines Organismus, wie wir sie in der allgemeinen Anatomie nur der Idee nach vornehmen können, vollzieht sich thatsächlich in der Natur während der Entwicklung eines jeden Thieres. Entwicklungsgeschichtlich ist jeder Organismus vorübergehend ein einfaches Element, eine Zelle: die Zelle theilt sich und es entstehen Gewebe, aus den Geweben Organe und aus den Organen setzt sich das gesetzmässig ge-

gliederte Ganze eines Thierkörpers zusammen. Wenn somit die allgemeine Entwicklungsgeschichte synthetisch verfährt, so schliesst sie sich bei ihrer Darstellung nur den Vorgängen an, welche sich in der Natur abspielen und der directen Beobachtung zugängig sind.

I. Allgemeine Anatomie.

Den Ausdruck „Bestandtheile des thierischen Körpers" kann man in doppeltem Sinne anwenden. Man kann von Mischungsbestandtheilen reden, das sind die chemischen Verbindungen, welche die Gewebe bilden; sie sind Gegenstand der Thierchemie und können daher hier übergangen werden. Man kann aber ferner auch von Formbestandtheilen des thierischen Körpers reden, das sind die Zellen. Diese und ihre Umbildung zu Geweben, Organen und ganzen Thieren sind für uns von viel grösserer Bedeutung.

1. Die Formbestandtheile des thierischen Körpers.

Die Lehre von den Formbestandtheilen der organischen Körper hat eine feste Grundlage erst durch die Zellentheorie gefunden. Jede wissenschaftliche Thier- und Pflanzenanatomie muss daher mit der Lehre von der Zelle ihren Ausgangspunkt nehmen.

Geschichte der Zellentheorie.

I. Die Zelle. Der Begriff der Zelle, wie er in der Morphologie der Thiere und Pflanzen eingebürgert ist, hat im Laufe der Zeit viele Wandlungen erfahren, welche man einigermaassen kennen muss, um Namen und Begriff vollkommen zu verstehen. Als Hooke, Marcello Malpighi und Nehemia Grew im 17. Jahrhundert den Namen in die Pflanzenanatomie einführten, verstanden sie darunter kleine Kämmerchen, umgeben von festen Wandungen und von Luft oder flüssigem Inhalt erfüllt. Auch als man am Anfang dieses Jahrhunderts richtig erkannte, dass die Zelle die anatomische und physiologische Einheit des Pflanzenkörpers ist, aus deren Umwandlung alle übrigen Theile sich bilden, und als der englische Botaniker Brown im Innern der Zelle ein bis dahin übersehenes Körperchen, den Nucleus oder Zellkern, auffand, blieb die alte Auffassung bestehen und wurde auch als solche von Schleiden in seine Zelltheorie übernommen. Schleiden fügte als neu die vollkommen irrige Lehre von der Entstehung der Zelle hinzu, dass sich in einer Art Mutterlauge, dem Cytoblastem, zunächst ein Korn bilde, das Kernkörperchen, dass um dieses Korn eine Niederschlagsmembran entstehe, die Kernmembran, und um den damit fertig gestellten Kern eine weitere Niederschlagsmembran, die Zellmembran. So sei für die Entstehung der Zelle der Kern von der allergrössten Bedeutung.

Da in dem Körper der Thiere die Kerne der Zellen am leichtesten gefunden werden und auch jetzt noch zur Orientirung über das Auftreten der Zellen vornehmlich benutzt werden, so ist es verständlich, dass die Schleiden'sche Lehre, welche den Kern so sehr in den Vordergrund stellte, für Schwann Veranlassung werden konnte, die Zellentheorie auf das Thierreich zu übertragen und damit zu einem

allgemeingiltigen Princip zu erheben. Man spricht daher meist von einer Schwann-Schleiden'schen Zellentheorie.

Schwann-Schleiden-sche Zell-theorie.

Dieser Theorie zu Folge sollte für die Function der Zelle ihre Wandung, die Zellmembran, das Wichtigste sein: durch die Zellmembran hindurch sollen Diffusionsströme zwischen Umgebung und flüssigem Zellinhalt sich vollziehen; der Charakter der Membran und des Zellsaftes soll nach allgemein physikalischen Gesetzen die Beschaffenheit der Diffusionsströme und damit auch den functionellen Charakter der Zelle bestimmen; das verschiedene Aussehen der Gewebe sei vornehmlich dadurch bedingt, dass die anfangs kugeligen Zellen ihre Gestalt verändern, indem sie im fibrillären Bindegewebe z. B. enorm in die Länge zu den feinen Fibrillen auswachsen. Da das Leben der Organismen nun nichts Anderes ist als das Zusammenwirken aller seiner Zellen, so schmeichelte man sich, durch die Zellentheorie und die durch sie bewirkte Entdeckung der physikalischen Einheiten des thierischen und pflanzlichen Körpers dem grossen Problem der physikalischen Erklärung der Lebenserscheinungen um ein gutes Stück näher gerückt zu sein. — Auch die Zellgenese schien nach der Lehre ein ebenso mechanisch erklärbarer Process zu sein, wie die Bildung eines Krystalls. Im Cytoblastem sollten ja Kernkörperchen, Kernmembran und Zellmembran ähnlich den Vorgängen bei der Krystallisation durch Niederschlag gebildet werden.

Reformbewegungen.

In der Zwischenzeit haben sich unsere Auffassungen vom Wesen der Zelle vollkommen verändert. Die Zelle entsteht nicht nach Art eines Krystalls, als eine Neubildung in einer Mutterlauge, sondern sie setzt die Existenz einer lebenden Mutterzelle voraus, von welcher aus sie durch Theilung oder Knospung erzeugt wird. Ebenso ist auch die Zelle nicht eine physikalische Einheit, sondern selbst wieder ein Organismus, welcher uns alle die Räthsel des Lebens erkennen lässt, deren physikalische Ergründung unserer Forschung immer als Ziel vorschweben muss, wenn auch als ein Ziel, das noch in weite, gar nicht absehbare Entfernung gerückt ist. Für das Wesen der Zelle sind ferner Membran und Zellsaft von gänzlich untergeordneter Bedeutung; das Wichtigste an ihr ist vielmehr eine bis dahin fast gar nicht berücksichtigte Substanz, für welche H. von Mohl den Namen Protoplasma eingeführt hat. Nach unserer neueren Auffassung ist die Zelle vornehmlich ein Plasmaklümpchen, meist, vielleicht sogar stets, ausgerüstet mit einem oder mehreren Kernen. Diese neuere Auffassung vom Wesen der Zelle hat sich nun so allmählig entwickelt und die Schwann-Schleiden'schen Ansichten so langsam verdrängt, dass der alte Name, obwohl er für die neue Auffassung gar nicht mehr passte, beibehalten wurde. Man hatte sich schon so sehr an den Namen gewöhnt, dass man gar nicht mehr den Widerspruch empfand, der darin lag, dass man ein solides Klümpchen ohne Membran eine „Zelle“ nannte.

Die Reform der Zellentheorie wurde durch Entdeckungen angebahnt, welche auf sehr verschiedenen Gebieten gewonnen und erst spät in einem Brennpunkt vereinigt worden sind.

1. Schon an der Grenze des 18. und 19. Jahrhunderts hatten Bonaventura Corti und Treviranus gesehen, dass die Chlorophyllkügelchen, welche die grüne Farbe der Pflanzen bedingen, bei vielen Arten lebhaft im Innern der Zelle herumströmen, aber erst Mohl fand heraus, dass ihre Bewegung keine active sei, dass sie vielmehr

von einer homogenen Substanz, in welcher sie eingebettet sind, bewegt werden. Diese Substanz, welche Mohl, um sie in den Vordergrund zu stellen, Protoplasma nannte, gewann durch eine zweite Beobachtung noch grössere Bedeutung. Bei der Fortpflanzung der einfachsten Algen ergab sich, dass das Protoplasma mancher Zellen sammt den Chlorophyllkörnern sich zu einem ovalen Körper zusammenballte, dass dieser Körper das Gehäuse der Zellmembran verliess, um im Wasser frei herumzuschwimmen. Da das Zellgehäuse keine Lebenserscheinungen mehr zeigte, der Protoplasmakörper dagegen zur Ruhe kam und eine neue Pflanze bildete, so war unzweifelhaft bewiesen, dass dieser der wichtigste Bestandtheil der Zelle sei (vergl. Fig. 110).

2. In der thierischen Gewebelehre kam die Bedeutung der eigentlichen Zellsubstanz, des Protoplasma, noch eindringlicher zur Geltung. Hier führte, trotz lange Zeit herrschender vorgefasster Meinungen, die vorurtheilsfreie Untersuchung zum Resultat, dass die meisten thierischen Zellen überhaupt keine Membran besitzen.

3. Sehr wichtig war endlich das Studium der niedersten Organismen, der Protozoen. Dujardin suchte durch äusserst sorgfältige Beobachtungen den Beweis zu führen, dass diese Thiere keine Organe besässen, sondern aus einer gleichförmigen körnchenführenden Substanz beständen, der Sarkode. Die Sarkode solle alle sonst auf viele Organe vertheilten Lebensäusserungen, Bewegung, Empfindung, Ernährung, allein vermitteln. Dujardin's Lehre wurde durch Ehrenberg und seine Schule lebhaft bekämpft, gelangte schliesslich aber durch die bahnbrechenden Arbeiten von Max Schultze und Haeckel zu allgemeiner Geltung.

Schultze's Protoplasmatheorie.

Auf Grund obiger 3 Beobachtungsreihen hat endlich Max Schultze die schon kurz skizzirte Reform der Zellentheorie durchgeführt, indem er durch ein genaues Studium des Aussehens und der Lebenserscheinungen und durch zahlreiche Experimente den Nachweis führte, dass Zellsubstanz der Thiere, Sarkode der Protozoen und Protoplasma der Pflanzen identisch seien, und dass auf diese Substanz, für welche er den Namen Protoplasma beibehielt, in letzter Instanz alle Lebenserscheinungen der Thiere und Pflanzen zurückzuführen seien. Die zweite wichtige Reform betrifft die Umbildung der Zellen zu Geweben. Dieselbe erfolge weniger durch Formveränderungen und Auswachsen der Zellen zu den Gewebselementen, wie Schwann meine, sondern durch chemische Umwandlung. Vermöge seiner formativen Thätigkeit erzeuge das Protoplasma Strukturtheile, welche nicht mehr Protoplasma sind, wie Bindegewebsfibrillen, Muskelfibrillen, Nervenfasern etc., welche den specifischen Charakter der einzelnen Gewebe ausmachen und die Functionen derselben leisten, neben denen sich dann als Lebens- und Bildungsherde die nicht verwandten Reste der Zellen, die Bindegewebskörperchen, Muskelkörperchen etc., erhalten.

Diese beiden Grundgedanken der Max Schultze'schen „Protoplasmatheorie“ wollen wir nun weiter ausführen und dabei die Grundzüge der modernen Gewebelehre kurz skizziren.

Charakteristik der Zelle.

Die Grösse der thierischen Zelle schwankt in bedeutenden Breiten; die kleinsten Elemente sind wohl die männlichen Samenzellen, die Spermatozoen, deren Körper namentlich bei Säugethieren nur 0,005 mm misst, die grössten umgekehrt sind, abgesehen von den Riesenplasmodien einiger Mycetozoen, die Eizellen. Das Gelbe des Vogeleies, welches allein das Ei im engeren Sinne, befreit von seinen Hüllen,

darstellt, besitzt vorübergehend den Formwerth einer Zelle und kann bei Straussenseiern einen Durchmesser von mehreren Zollen erreichen. Die Gestalt der Zelle ist ebenfalls variabel. Frei lebende, durch ihre Umgebung in ihrer Gestalt nicht bestimmte Zellen sind meist im Ruhezustand kugelig oder oval, wie die Eizellen lehren; zu Geweben vereint, können sich dagegen die Zellen zu polygonalen oder prismatischen Körpern zusammendrängen oder sich in spindelige oder sternförmig verästelte Ausläufer verlängern.

Protoplasma.

So bleibt für die Charakteristik der Zelle nur die Beschaffenheit ihrer Substanz, des Protoplasma, übrig. Auch hier müssen wir von einer chemischen Charakteristik Abstand nehmen. Wir wissen nicht einmal, ob das Protoplasma ein bestimmter chemischer Körper ist, der vermöge seiner Constitution unendliche Variationen zulässt, oder ob es ein wechselndes Gemisch verschiedener chemischer Körper darstellt. Ebenso wissen wir noch keineswegs sicher, ob diese Körper, wie man geneigt ist anzunehmen, den an und für sich räthselhaften Proteinsubstanzen angehören oder nicht. Wir können nur sagen, die Beschaffenheit des Protoplasma muss bei einer gewissen Gleichartigkeit zugleich auch ganz ausserordentlich verschiedenartig sein. Denn wenn wir sehen, dass aus dem Ei eines Hundes stets nur ein Hund und zwar ein Thier mit allen seinen individuellen Eigenthümlichkeiten wird, dass das Ei eines Seeigels, unter die wechselndsten Bedingungen gebracht, stets einen Seeigel liefert, dass eine Amöbenart stets nur die für sie charakteristischen Bewegungen ausführt, so müssen wir annehmen, dass der functionirende Bestandtheil dieser Zellen, das Protoplasma, in jedem Falle seine Besonderheiten hat. Wir werden zur Annahme einer fast unbegrenzten Verschiedenartigkeit des Protoplasma gezwungen, auch wenn wir dem später zu besprechenden Kern einen wichtigen Antheil an den hervorgehobenen Unterschieden einräumen.

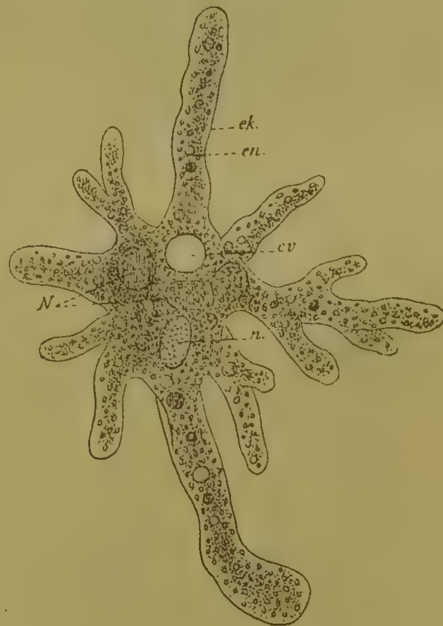


Fig. 16. Amoeba Proteus (nach Leidy.) *ek* Ektosark, *en* Entosark, *cv* contractile Vacuole, *n* Kern, *N* Nahrungskörper.

Die bei aller Verschiedenheit doch unverkennbare Gleichartigkeit des Protoplasma äussert sich in seinem Aussehen und in seinen Lebenserscheinungen. Bei schwachen Vergrösserungen erscheint das Protoplasma als eine mattgraue, seltener durch Imbibition mit Farbstoffen gelblich, röthlich oder anderweitig gefärbte Substanz, in welcher zahlreiche, stark lichtbrechende Körnchen eingebettet sind. Die Lebenseigenschaften dieser Substanz sind: Bewegung, Reizbarkeit, Fähigkeit zur Ernährung und zur Fortpflanzung.

Contractilität der Zelle.

Die Bewegung äussert sich erstens in Gestaltveränderungen des gesammten Protoplasmakörpers — amöboide Bewegung — zweitens in Lageveränderungen der kleinen Körnchen im Inneren des Protoplasma: Körnchenströmung. Beispiele für die amöboide Bewegung (Fig. 16.) sind namentlich die Bewegungen vieler Protozoen und der farb-

losen Blutzellen vielzelliger Thiere; die Protoplasmakörper schicken hier gröbere und feinere Fortsätze aus, die wieder eingezogen werden können, zur Ortsveränderung dienen und daher Pseudopodien oder Scheinfüsschen heissen. Die Körnchenströmung kann sowohl im Innern des Zellkörpers selbst, als auch an den von diesem ausgehenden Pseudopodien wahrgenommen werden. Mögen die Pseudopodien noch so fein sein und an der Grenze der Sichtbarkeit mit unseren stärksten Vergrösserungen stehen (Fig. 17), so kann man an ihnen doch noch wahrnehmen, dass die Körnchen wie Spaziergänger auf einer Promenade hin und her wandern, gleichzeitig in centripetaler und centrifugaler Richtung, in beiden Richtungen einige mit grösserer, andere mit geringerer Geschwindigkeit. Und doch werden die Körnchen nur passiv durch das zu Grunde liegende Protoplasma bewegt. Denn wenn man willkürlich gewählte Farbkörnchen, z. B. fein vertheilten Carmin, durch Fütterung einverleibt, so zeigen dieselben ebenfalls die merkwürdige Körnchenströmung. Nichts ist wohl geeigneter, um die grosse Complication im Bau des Protoplasma zu erläutern, als diese äusserst verwickelten Bewegungserscheinungen auf so feinen Bahnen, wie meist die Pseudopodien sind.



Fig. 17. Gromia oviformis (aus Lang nach M. Schultze).

Dass amöboide Bewegung und Körnchenströmung durch mechanische, chemische und thermische Reize ausgelöst, zum Stillstand gebracht und modificirt werden können, ist ein sicherer Beweis für die Reizbarkeit des Protoplasma. Am wichtigsten sind die thermischen Reize; steigert man die gewöhnliche Temperatur der Umgebung, so werden zunächst die Bewegungen beschleunigt bis zu einem Maximum; von da tritt eine Verlangsamung ein, endlich vollkommener Stillstand, die Wärme-

Reizbarkeit.

starre. Hält die hohe Temperatur noch länger an oder erfährt sie gar eine weitere Steigerung, so erfolgt der Tod. Die letale Temperatur ist für die meisten Organismen zwischen 40 und 50° Celsius gegeben; ihr Einfluss erklärt die schädlichen Folgen, welche hohe Fiebertemperaturen auf den menschlichen Organismus haben.

Wie eine Wärmestarre, so giebt es auch eine Kältestarre, herbeigeführt durch ein starkes Sinken der Temperatur unter die normale. Eingeleitet wird dieselbe durch eine allmählige Abnahme der Beweglichkeit; ihren Schluss findet sie im Kältetod, welcher aber nicht so leicht wie der Tod durch Erwärmung herbeigeführt wird.

Erregbarkeit und Bewegungsfähigkeit sind die Vorbedingungen der Ernährung. Letztere ist bei den meisten thierischen Zellen, wie z. B. bei fast allen Gewebszellen, nicht gut zu verfolgen, weil dieselben von flüssiger Nahrung leben. Gewisse Zellen höherer Thiere, die farblosen Blutzellen, und die meisten einzelligen Thiere können aber auch mit festen Substanzen gefüttert werden; sie nehmen die Nahrungskörper, indem sie sie mit Pseudopodien umfliessen, in das Innere des Protoplasma auf, entziehen ihnen alles Assimilirbare und stossen das Unverdauliche wieder aus. (Fig. 16.) Ernährung.

Bei der Ernährung kommt nicht nur in Betracht, dass die Zellen zum eigenen Wachsthum und zum Ersatz des Verbrauchten die aufgenommene Nahrung benutzen; sie haben meist auch die Fähigkeit, anderweitige Stoffe als Protoplasma zu erzeugen, wie z. B. manche Protozoen organische Gehäuse bilden, welche mit Kiesel oder Kalk erhärtet werden. Diese bildnerische Thätigkeit, die Erzeugung von „Protoplasmaproducten", ist, wie wir sogleich sehen werden, der Ausgangspunkt für die Gewebebildung.

Die Fortpflanzung der Protoplasmakörper ist gleichbedeutend mit der Theilung der Zelle; um diese aber zu verstehen, müssen wir zuvor den zweitwichtigen Bestandtheil, den Kern, noch in das Auge fassen.

Der Zellkern ist ein im Protoplasma eingeschlossener Körper, dessen Gestalt zwar für jede Zellenart feststeht, im Uebrigen aber viele Schwankungen zeigt. Meist ist er ein kugeliges oder ovales Bläschen; er kann aber auch zu einem Stab verlängert, hufeisenförmig gebogen, rosenkranzartig eingeschnürt oder sogar baumförmig verästelt sein (Fig. 18); bei manchen Zellen ist er unverhältnissmässig gross, so dass das Protoplasma ihn nur mit einem schmalen Ring umgiebt, bei andern wieder so klein, dass man ihn schwierig im Protoplasma und dessen Einschlüssen auffindet. Früher hat man ihn daher in sehr vielen Fällen übersehen, und auch jetzt noch gelingt Zellkern.

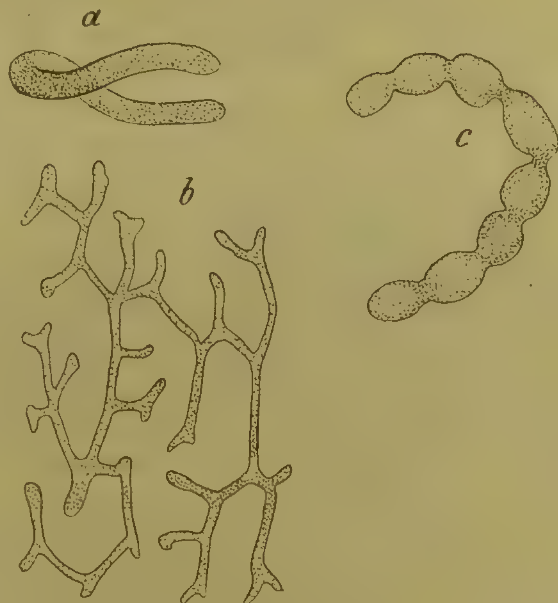


Fig. 18. Abweichende Kernformen. *a* hufeisenförmiger Kern einer Acinete. *b* verästelter Kern aus dem Malpighi'schen Gefäss einer Sphingidenraupe, *c* rosenkranzförmiger Kern von Stentor coeruleus.

sein Nachweis manchmal nur mit grosser Mühe und unter Anwendung einer besonderen Technik, welche sich auf das eigenthümliche Verhalten der Kernsubstanz stützt.

Die Kernsubstanz unterscheidet sich vom Protoplasma unter Anderem durch ihre grössere Gerinnungsfähigkeit in gewissen Säuren, z. B. Essig- und Chromsäure, welche daher auch vielfach zum Kernnachweis verwandt werden. Wenn in einer lebenden Zelle der Kern wegen der Gleichartigkeit seiner Lichtbrechung mit der des Protoplasma nicht erkennbar ist, so genügt vielfach der Zusatz von 2%iger Essigsäure, um ihn scharf contourirt hervortreten zu lassen.

Die Vertheilung der Kernsubstanz im Kern ist sehr mannichfaltig (Fig. 19); häufig bildet sie ein den ganzen Kern durchziehendes

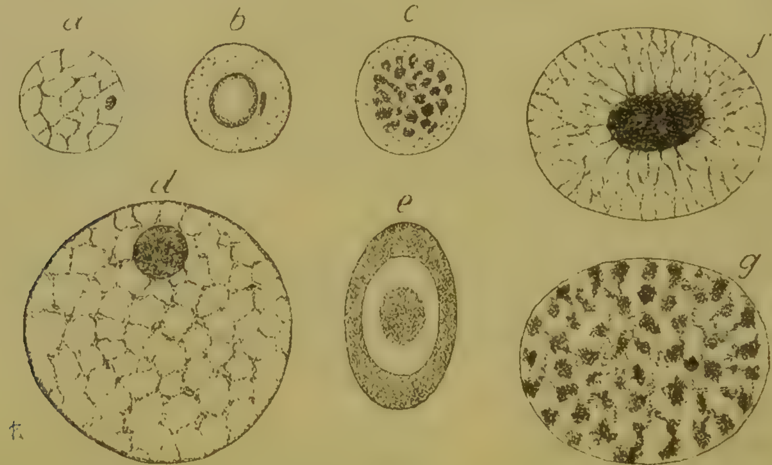


Fig. 19. Bläschenförmige Kerne mit verschiedener Anordnung der Kernsubstanz. *a* Eikern von Toxopneustes lividus, *d* Keimbläschen desselben Thieres. *b*, *c* Kerne von Actinosphaerium Eichhorni. *e* Kern einer Acanthometre. *f*, *g* Kerne der Speicheldrüse von Culex pipiens (Larve).

schwammiges Gerüst von gröberer oder feinerer Maschenweite (*a, g*), oder sie ist zu einem einzigen grossen oder mehreren kleinen Körpern, den Nucleoli, zusammengeballt (multi- und plurinucleoläre Kerne) (*b, c*), oder es combinirt sich die Bildung von Nucleoli mit einem Kerngerüst (*d, f*); auch kann ein Theil der Kernsubstanz in der Peripherie eine zusammenhängende Rindenschicht erzeugen (*e*). Bei dieser Vertheilung bleibt ein mehr oder minder ansehnlicher Raum innerhalb der Maschen des Kerngerüsts oder zwischen den Nucleoli übrig, welcher von einer eiweisshaltigen Flüssigkeit, dem Kernsaft, ausgefüllt wird.

Hier schliesst sich nun eine strittige Frage an: Giebt es eine oder mehrere Arten von Kernsubstanz? Wir wollen hier zwei Arten unterscheiden, das Nuclein oder das Chromatin und das Paranuclein oder das Achromatin. Die Unterschiede offenbaren sich in der später zu besprechenden Betheiligung an der Kerntheilung, und in dem sogleich zu erörternden Verhalten gegen Farbstoffe (Carmin, Hämatoxylin, Anilinlösungen). Bei richtiger Anwendung der letzteren färbt sich nur das Nuclein (daher auch Chromatin genannt), während das Paranuclein vollkommen farblos bleibt. Jede der beiden Substanzen kann sowohl in Gerüstform wie in Form von Nucleoli auftreten, so dass man chromatische und achromatische Gerüste und Nucleoli unterscheiden muss. Am häufigsten findet sich wohl ein achromatisches Gerüst mit eingestreuten Chromatinkörnern. (Fig. 19*g*.)

Bedeutung des Zellkerns.

Lange Zeit war die functionelle Bedeutung des Kerns in der Zelle in völliges Dunkel gehüllt, so dass man schon anfing, ihn als ein im Vergleich zum Protoplasma nebensächliches Ding zu behandeln. Der Nachweis, dass der Kern bei allen Befruchtungsprocessen eine Ausschlag gebende Rolle spielt, und zahlreiche hieran anknüpfende Untersuchungen haben nun immer mehr die Ansicht befestigt, dass der Kern den Charakter der Zelle bestimmt, dass die Thätigkeit des Protoplasma vom Kern beeinflusst wird. Wenn aus dem Ei ein bestimmt geartetes Thier sich entwickelt, wenn eine Zelle im Thierkörper einen bestimmten histologischen Charakter annimmt, so sind wir jetzt geneigt, dies dem Kern zuzuschreiben. Daraus folgt dann weiter, dass der Kern auch der Träger der Vererbung ist; denn die Uebertragung der elterlichen Eigenschaften auf die Kinder, welche uns die tägliche Erfahrung des Lebens lehrt, kann nur durch die Geschlechtszellen der Eltern, durch Ei- und Samenzelle bewirkt werden. Da nun der Charakter der Geschlechtszellen wiederum vom Kern bestimmt wird, so wird die Uebertragung in letzter Instanz vom Kern vermittelt. Innerhalb des Kerns ist wahrscheinlich die eigentliche Vererbungssubstanz, wie uns die Beobachtungen über Befruchtung noch weiter lehren werden, das Chromatin, während das Achromatin eine Rolle bei der Zellvermehrung spielt.



Fig. 20. Zelltheilung nach Rabl (aus der Haut von Salamandra maculosa).

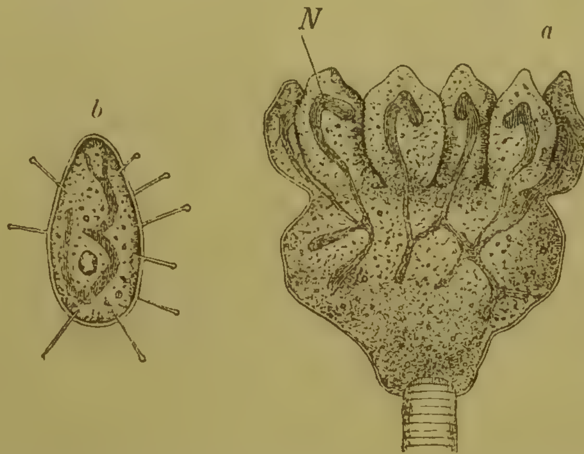


Fig. 21. Zellknospung. Podophrya gemmipara mit Knospen *a*, die sich ablösen und zum Schwärmer *b* werden, *N* Kern.

Zellvermehrung.

Die Zellvermehrung findet unzweifelhaft ausschliesslich durch Theilung und zwar meist durch Zweitheilung statt. Auf der Oberfläche der Zelle entsteht eine ringförmige Furche, welche tiefer einschneidend den Körper in zwei gleiche Stücke (Fig. 20) (Divisio im engeren Sinne) zerlegt. Seltener ist Zellknospung (Gemmatio), in deren Verlauf von einer grösseren Mutterzelle sich eine oder mehrere Tochterzellen abschnüren (Fig. 21). Viel umstritten war lange Zeit das Verhalten des Kerns; ein Theil der Forscher behauptete, dass der Kern vor der Theilung sich auflöse und dass in jeder Tochterzelle ein Kern neu gebildet

werde; ein anderer Theil liess den Kern analog der Zelle eingeschnürt und in die zwei Tochterkerne zerlegt werden. Trotzdem die erstgenannten Autoren besser beobachtet haben, haben die letzteren doch im Princip Recht behalten. Das erklärt sich daraus, dass der Kern bei der Theilung in ein Stadium tritt, auf welchem er ohne Anwendung geeigneter, erst in der Neuzeit entdeckter Verfahren gar nicht erkannt werden kann, weil an seiner Stelle nur eine verwaschene Lichtung im Protoplasma zu sehen ist. Dieses Undeutlichwerden des Kerns war von den Zoologen der zweiten Reihe ganz übersehen, von denen der ersten Reihe dagegen richtig beobachtet, aber falsch gedeutet worden. Denn der Kern ist, wie die Behandlung mit Essigsäure oder Chromsäure lehrt, in der lichten Stelle nach wie vor vorhanden und hat nur die Metamorphose in die „Kernspindel" erlitten. (Fig. 20.)

Indirecte Kerntheilung, Karyokinese. Wie der Name schon sagt, hat der Kern auf dem kritischen Stadium die Gestalt einer Spindel (häufig auch einer Tonne) angenommen und sich demgemäss in zwei opponirte, entweder zugespitzte oder flach abgerundete Enden ausgezogen, die Kernpole (*a*); genau in der Mitte zwischen den Kernpolen, im Aequator der Spindel, hat er seinen grössten Umfang. Hier liegt alles Chromatin angesammelt zur „Aequatorialplatte", worunter man jedoch nicht eine zusammenhängende Substanzmasse verstehen darf; vielmehr hat die chromatische Kernsubstanz die Gestalt von kleinen Körnern oder geradegestreckten oder u-förmig gebogenen Stäbchen angenommen, welche Chromosomen heissen. Ihre Zahl, mag sie gering oder sehr beträchtlich sein, ist für jede Zellenform genau normirt. Von den Kernpolen aus divergirend treten an die Chromosomen feine achromatische Fäden heran, die Spindelfasern, welche die Form der Spindel bedingen und bei der Kerntheilung die active Rolle spielen. Es spaltet sich nämlich jedes Chromosoma der Aequatorialplatte in zwei Stücke (Fig. 20 *b*) und unter dem richtenden Einfluss der Spindelfasern rücken die Spaltproducte nach den Kernpolen auseinander (*c d e*). Die hiermit aus der Spaltung der gesammten Aequatorialplatte entstandenen Chromationanhäufungen heissen die „Seitenplatten". Die Elemente der Seitenplatten wiederum vereinigen sich unter einander und liefern die beiden Tochterkerne.

Trotz zahlreicher Untersuchungen der Neuzeit sind noch einige Verhältnisse der Kerntheilung strittig geblieben, namentlich werden die Spindelfasern von manchen Forschern für Bildungen des Protoplasma erklärt, während andere sie aus der achromatischen Kernsubstanz ableiten. Besonders aber erfordert folgende Frage noch eingehenderes Studium. An den Spindelpolen hat man häufig farblose, kleine, rundliche Körperchen oder Platten aufgefunden, die Polkörperchen oder Centrosomen. Sie sind besonders deutlich während der Eitheilung der Spulwürmer (Fig. 92 *B*), und erhalten sich hier nachweislich selbständig auch nach der Fertigstellung der Tochterkerne; sie liefern für jeden Tochterkern durch erneute Theilung zwei Centrosomen, welche an opponirte Enden des Kerns treten und damit einen neuen Theilprocess einleiten. Da man auch sonst bei ruhenden Kernen pflanzlicher und thierischer Zellen Centrosomen gefunden hat, ist die Theorie aufgestellt worden, dass neben dem Kern ein besonderes Zellorgan zur Einleitung der Theilung dauernd besteht, das Centrosoma.

Kerntheilung und Zelltheilung bilden gewöhnlich einen wohlgeordneten Mechanismus, dessen einzelne Phasen gesetzmässig in einander greifen. Die Theilungsebene der Zelle steht senkrecht auf der die

beiden Pole verbindenden Längsachse der Spindel; die Spindelpole wirken nicht nur bestimmend auf die Chromosomen, sondern auch auf das Protoplasma der Zelle ein; dieses ordnet sich um die Pole in radialen Bahnen, was meist zu der als Protoplasmastrahlung bekannten Anordnung der Körnchen führt. So kommt es, dass jeder Theilungsphase des Kernes auch eine bestimmte Theilungsphase des Protoplasmakörpers entspricht. Das Wechselverhältniss von Protoplasma und Kern ist nun aber keineswegs ein unabänderliches und unlösbares, vielmehr sind sehr wohl Kerntheilungen ohne Betheiligung des Protoplasma möglich. Wenn dieser Process sich häufig wiederholt, entstehen Protoplasmamassen mit vielen Kernen (Fig. 22), die nun ihrerseits wieder zu vielen Zellen werden können, wenn nachträglich das Protoplasma nach der Zahl der Kerne sich zerklüftet. Vielkernige Protoplasmamassen sind somit Zwischenstufen zwischen der einfachen einkernigen Zelle und dem Haufen vieler einkerniger Zellen und sind in Folge dessen bald als Aequivalent einer Zelle, bald als Aequivalent vieler Zellen angesehen und bald vielkernige Riesenzellen, bald Zellcomplexe, Syncytien, genannt worden. Im Folgenden wollen wir eine vielkernige Protoplasmamasse stets als eine einzige Zelle auffassen, weil der Schwerpunkt für das Wesen der Zelle darin gegeben ist, dass sie einen Lebensherd für sich, eine physiologische Individualität bildet. In dieser Hinsicht aber verhält sich eine vielkernige Protoplasmamasse genau so wie eine einkernige; wie die Gewebszellen und Protozoen lehren, wird durch Vielkernigkeit die Organisationsstufe nicht im Geringsten gehoben. Eine Aenderung tritt erst mit dem Augenblick ein, wo viele gegen einander abgegrenzte Protoplasmaklümpchen gebildet und damit viele Lebensherde geschaffen werden, d. h. wenn an Stelle der Vielkernigkeit die echte Vielzelligkeit tritt.

Vielkernigkeit, Vielzelligkeit.



Fig. 22. **Riesenzelle mit vielen Kernen.**

Directe Kerntheilung.

Ehe wir die Besprechung der Kerntheilung beschliessen, müssen wir noch kurz die Vereinfachung kennen lernen, welche die oben geschilderten complicirten Vorgänge vielfach erfahren. Es kommt vor, dass sich der Kern ohne wesentliche Structurveränderung bei der Zelltheilung streckt und durch eine äquatoriale Einschnürung in 2 Stücke zerlegt wird (Fig. 21, 140, 145). Man spricht dann von einer directen Kerntheilung im Gegensatz zu der gewöhnlichen Form, von der wir ausgegangen sind, der indirecten Kerntheilung oder Karyokinese. Zwischen beiden giebt es vielerlei Uebergänge, welche die Idee ausschliessen, als ob es principiell verschiedene Vorgänge wären. Für die richtige Beurtheilung der vorhandenen Unterschiede wird uns ein beachtenswerther Fingerzeig durch die Thatsache geliefert, dass die directe Kerntheilung vorwiegend bei den chromatinreichen Kernen der Protozoen vorkommt. Danach müssen für den verschiedenen Charakter der Kerntheilungsvorgänge der Chromatingehalt und die Organisationshöhe der Zelle maassgebend sein. Wie oben erläutert worden ist, haben wir Ursache, das Chromatin für den Träger der Vererbung zu erklären. Je höher nun ein Thier organisirt ist, um so mehr Eigenthümlichkeiten werden von Zelle auf Zelle übertragen, um so complicirter muss die Structur der Vererbungssubstanz, des Chromatins, sein, um so feiner durchgearbeitet daher auch die Vorgänge, welche die gesetzmässige Vertheilung

der Vererbungssubstanz auf die Tochterzellen bewirken. Die Bedeutung der indirecten Kerntheilung kann somit nur darin gesucht werden, dass die in kleinen Quantitäten vorhandene Vererbungssubstanz in gleichen Mengen und in gleicher Constitution auf die Tochterzellen übertragen werde; diese Aufgabe vereinfacht sich bei niederen Thieren, bei denen viel Chromatin vorhanden ist und dieses noch dazu eine einfachere Beschaffenheit besitzt.

2. Die Gewebe des thierischen Körpers.

Bei der Bildung von Geweben treten zwei Prozesse in Wirksamkeit: 1. die Vermehrung der Zellen durch Theilung zu Zellcomplexen; 2. die histologische Differenzirung der Zellen. Man kann ein Gewebe daher als einen Complex histologisch gleichartig differenzirter Zellen definiren.

Wesen der histologischen Differenzirung.

Die histologische Differenzirung äussert sich zunächst darin, dass die Zellen bestimmte Gestalt und bestimmte Lagebeziehung zu Nachbarzellen erhalten; dazu kommt fast stets noch als zweites und wichtigeres Moment die histologische Umwandlung der Zelle. Wir haben schon oben hervorgehoben, dass die Zelle die Nährstoffe vielfach nicht nur zum eigenen Wachsthum, zur Vermehrung des Protoplasma, benutzt, sondern auch anderweitige Stoffe, Protoplasmaproducte, bilden kann, entweder in ihrem Inneren (innere Plasmaproducte) oder häufiger oberflächlich (äussere Plasmaproducte). Die histologische Umwandlung ist nun die Bildung specifisch functionirender Plasmaproducte. Nehmen wir als Beispiel die Art, wie eine Zelle zur Muskelfaser wird (Fig. 23), so sehen wir, dass dieselbe auf ihrer Oberfläche immer neue Fäden von specifischer Muskelsubstanz, bei den Wirbelthieren neue quergestreifte Muskelfibrillen, ausscheidet, bis schliesslich die Bildungszelle nur noch in Resten als „Muskelkörperchen" in einem Mantel von Muskelfibrillen erhalten ist. In analoger Weise erweist sich jedes Gewebe bei histologischer Untersuchung zusammengesetzt aus Zellen und Plasmaproducten; erstere besorgen die Bildung, Erneuerung und Ernährung des Gewebes, diese sind Träger seiner physiologischen Function. Die Vortheile der Gewebebildung sind die Vortheile, wie sie allgemein mit der später noch öfters zu besprechenden Arbeitstheilung verbunden sind. Solange die Zelle alle Lebensfunctionen in sich vereint, sind dieselben unvollkommen, weil sie sich gegenseitig in der freien Entfaltung hemmen; das Plasmaproduct dagegen dient nur einer einzigen, ihm eigenthümlichen Function und kann dieser daher mit grösserer Vollkommenheit Genüge leisten. Die von der Zelle gebildeten Muskelfibrillen, die charakteristischen Elemente der Muskulatur, haben von den Eigenschaften des Protoplasma nur die Fähigkeit der Contraction bewahrt; dieselbe ist aber viel energischer und rascher als die Protoplasmabewegung. Die Nervenfibrillen vermitteln nur die Leitung der Reize, aber ausserordentlich viel schneller und geordneter



Fig. 23. Bildung der Muskelfibrillen beim Frosch (Schema). *a* Bildungszelle, *b* Bildungszelle mit zwei quergestreiften Muskelfibrillen, *c* Bildungszelle mit zahlreichen Muskelfibrillen.

als das Protoplasma. Es ist dieselbe Erscheinung wie im menschlichen Leben; ein Mensch, welcher sein eigener Schneider, Schuster etc. sein und zugleich wissenschaftlich und künstlerisch sich bethätigen will, wird bei gleicher Begabung in jedem einzelnen Fach weniger leisten als ein anderer, der seine ganze Kraft nach einer bestimmten Richtung concentrirt.

Da an jedem Gewebe uns am meisten seine Function interessirt, so würde es unrichtig sein, wenn wir bei einer Eintheilung der Gewebe nicht auch die Function zu Grunde legen wollten; die Structur der Gewebe verdient erst in zweiter Linie Berücksichtigung, ist aber immerhin von Wichtigkeit, da sie ja von der Function bedingt ist; sie muss zur Aushilfe herangezogen werden, wo der physiologische Charakter eines Gewebes ein zu unbestimmter oder zu mannichfaltiger ist. Die in der Neuzeit vielfach versuchte Eintheilung nach der Entstehung der Gewebe, nach ihrem Ursprung aus den Keimblättern, ist dagegen bei consequenter Verfolgung nicht durchführbar und wissenschaftlich auch willkürlich gewählt. **Eintheilung der Gewebe.**

Unter Zugrundelegen der erläuterten Gesichtspunkte hat man schon seit längerer Zeit 4 Gewebsgruppen aufgestellt: 1. Epithelgewebe, 2. Stützgewebe, 3. Muskelgewebe, 4. Nervengewebe. Dabei finden gewisse Bestandtheile des thierischen Körpers keine Unterkunft, Bestandtheile, auf die der Begriff „Gewebe“ allerdings auch kaum anwendbar ist; es sind das die Geschlechtszellen, das Blut und die Lymphe. Erstere sollen im Anschluss an das Epithel, diese im Anschluss an die Stützsubstanzen besprochen werden.

1. Epithelgewebe.

Aus mehrfachen Gründen müssen die Epithelien an die Spitze der Gewebe gestellt werden. Sie sind die ältesten Gewebe; sie treten in der Thierreihe zuerst auf, so dass es Thiere giebt, welche nur aus Epithelien bestehen. Ferner besteht jeder einzelne Organismus während der ersten Stadien des embryonalen Lebens nur aus Epithelschichten, den Keimblättern. Damit hängt dann weiter zusammen, dass im Epithelgewebe die Zellen das geringste Maass der histologischen Umbildung erfahren haben und dass die Bildung von Plasmaproducten in den Hintergrund tritt.

Die vornehmste Aufgabe der Epithelien ist es, über Oberflächen einen schützenden und abschliessenden Ueberzug zu bilden, gleichgiltig ob die Oberflächen nach aussen gewandt sind (Körperoberfläche) oder durch Hohlräume im Innern des Körpers bedingt werden (Darmlumen, Lumen der Blutgefässe, Leibeshöhle). Wie wichtig hierbei die Epithelien sind, geht am besten daraus hervor, dass wenn die schützenden Decken entfernt werden, Entzündungen entstehen und so lange anhalten, bis eine Regeneration des Epithels eingetreten ist. Nur ausnahmsweise kommen epithelfreie Strecken vor; die Zähne der Wirbelthiere, die Geweihe der Hirsche sind Theile des Körpers, welche vermöge ihrer Festigkeit wenigstens eine mehr oder minder beträchtliche Zeit lang ohne epithelialen Ueberzug bestehen können. **Function des Epithels**

Durch ihre oberflächliche Lage sind die Epithelien geeignet, zwei weiteren Functionen vorzustehen: alle Stoffe, welche aus dem Körper entfernt werden sollen, theils weil sie unbrauchbar und in Folge dessen schädlich geworden sind (Excrete), theils weil sie, wie die Verdauungs-

säfte, noch weiter wichtige Functionen zu leisten haben (Secrete), müssen die Oberfläche passiren und werden daher von Epithelien ausgeschieden; das sind die „Drüsenepithelien". Ferner dringen auf die Körperoberfläche zunächst alle Einwirkungen der Aussenwelt ein, welche die Sinnesempfindungen veranlassen; daher denn auch gewisse Epithelien für das Zustandekommen der sinnlichen Wahrnehmungen von der grössten Bedeutung werden und zum Hören, Sehen, Riechen, Schmecken und Tasten dienen. Derartige Epithelstrecken nennt man Sinnesepithelien.

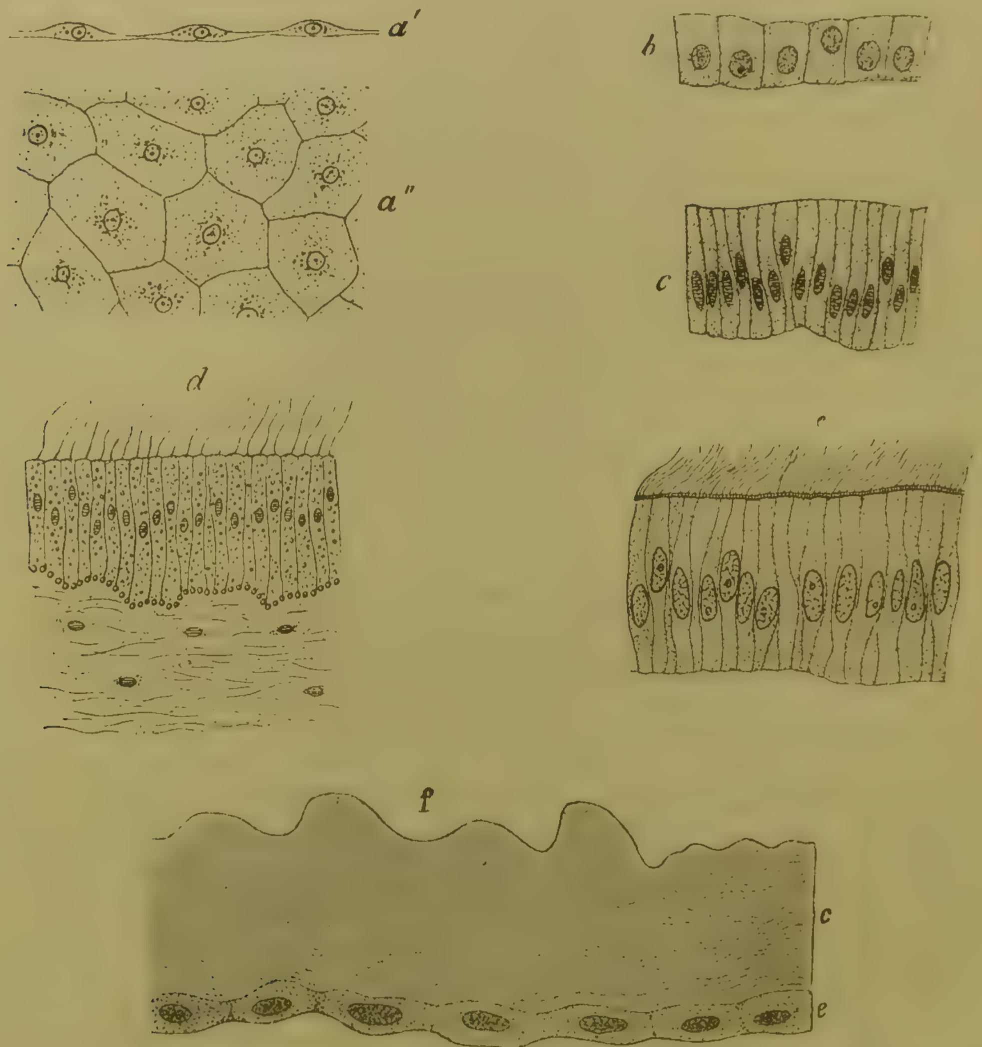


Fig. 24. Verschiedene Formen des Epithels. *a* Plattenepithel von Sycandra raphanus, *a'* auf dem Querschnitt, *a"* von der Fläche gesehen. *b* und *c* Pflasterepithel und Cylinderepithel einer Schnecke (Haliotis tuberculata), *d* Geisselepithel einer Aktinie (Calliactis parasitica), *e* Flimmerepithel aus dem Darm der Teichmuschel, *f* Epithel mit Cuticula einer Blattwespe (Cimbex connata).

Unsere Aufmerksamkeit gilt zunächst dem gewöhnlichen Deckepithel, soweit dasselbe ausschliesslich zum Schutz dient, oder nur nebenbei excretorische und Sinnes-Functionen erfüllt.

Deckepithel. Das Deckepithel besteht aus Zellen, welche durch geringe Mengen einer für die Function des Gewebes gleichgiltigen Kittsubstanz unter einander vereinigt werden. Man spricht von einschichtigen und vielschichtigen Epithelien, je nachdem man auf Schnitten,

welche senkrecht zur Oberfläche geführt werden, eine oder zahlreiche Lagen von Zellen übereinander antrifft. (Fig. 24, 25.)

Ausschliesslich einschichtige Epithelien finden sich bei allen wirbellosen Thieren und dem Amphioxus vor, dagegen sind sie bei den Wirbelthieren auf die inneren Hohlräume des Körpers beschränkt und auch hier stellenweise, wie stets auf der Haut, durch vielschichtiges Epithel ersetzt. Nach der Form der Zellen unterscheidet man cubisches oder Pflasterepithel, Plattenepithel und Cylinderepithel. Beim Pflasterepithel (Fig. 24 *b*) sind die Zellen nach allen Richtungen des Raumes nahezu gleichmässig entwickelt und sehen, weil sie durch gegenseitigen Druck abgeplattet werden, wie würfelförmige Stücke oder Pflastersteine aus; beim Cylinderepithel ist die Längsaxe, die Entfernung vom centralen zum peripheren Ende der Zelle, besonders gross (Fig. 24 *c*); beim Plattenepithel endlich ist die Längsaxe stark verkürzt (Fig. 24 *a*), die einzelne Zelle zu einem dünnen Schüppchen umgeformt. Einschichtiges Epithel.

Weitere Unterschiede, welche auf die 3 genannten Epithelarten Anwendung finden, werden durch den Mangel und die Anwesenheit von Fortsätzen am peripheren Ende der Zelle bedingt, von Geisseln oder Wimpern. Beides sind feine Fädchen, welche aus dem Zellkörper entspringen, über die Oberfläche hervorragen und hier eine äusserst lebhafte Bewegung unterhalten. Beim Geisselepithel (Fig. 24 *d*) besitzt jede Zelle nur einen schwingenden Fortsatz, welcher aber besonders kräftig entwickelt ist; bei dem Flimmerepithel (Fig. 24 *e*) ist dagegen die Oberfläche der Zelle von einem dichten Wald kleiner gemeinsam schwingender Fädchen bedeckt.

Die meisten einschichtigen Epithelien erfahren auf ihrer Oberfläche einen festen Abschluss durch die Cuticula, eine Membran, welche von den Epithelzellen gemeinsam ausgeschieden wird und daher nicht selten die Abdrücke der Zellen als eine polygonale Zeichnung erkennen lässt. In vielen Fällen dünn und unscheinbar kann sie sich in anderen zu einer gewaltigen Lage verdicken, welche viel mächtiger ist als die mit der Ausscheidung der Cuticula betraute Matrixschicht des Epithels selbst. Die Cuticula ist dann deutlich der Oberfläche parallel geschichtet und bildet einen wirksameren Schutz der Körperoberfläche als das Epithel; sie wird zu einem Panzer, wie uns die Kalkschalen der Mollusken, die aus Chitin bestehenden Körperbedeckungen der Insecten (Fig. 24 *f*) und andere Beispiele lehren. Cuticula.

Was beim einschichtigen Epithel die Cuticula zum Schutze beiträgt, das kann bei dem vielschichtigen Epithel unmittelbar durch eine chemische Umwandlung eines Theils der Zellen selbst erreicht werden. Vielschichtiges Epithel.

Beim vielschichtigen Epithel sind die Zellen der einzelnen Schichten stets durch ihre Formen unterschieden; die tiefste Zellenlage besteht aus Cylinderzellen, die oberflächliche dagegen aus mehr oder minder abgeplatteten Elementen. Dazwischen liegen mehrere Lagen von Uebergangsformen, so dass man von den Cylinderzellen ausgehend durch cubische Zellen hindurch allmälig zu den Zellplatten der Oberfläche übergeführt wird. Wie schon diese Anordnung erkennen lässt, besteht ein genetischer Zusammenhang zwischen den Zellenlagen; die unteren cylindrischen Zellen sind in beständiger Vermehrung begriffen; ihre Abkömmlinge rücken unter allmähliger Gestaltveränderung in die oberflächlichen Lagen, um hier in gleichem Maasse, als sich die Zellen abnutzen, einen Ersatz zu schaffen (Fig. 25 a).

Bei dieser Verlagerung können nun die Protoplasmakörper eine

Umwandlung erfahren; bei Reptilien, Vögeln und Säugethieren (Fig. 25 b) verhornen sie, d. h. zunächst wird die Zellenrinde, dann die innere Partie der Zelle in Hornsubstanz umgewandelt. Von der lebenden Zelle erhält sich einige Zeit noch der Kern, bis auch dieser schwindet und damit die Zelle vollkommen in ein todtes Hornschüppchen verwandelt worden ist. In der Haut der höheren Wirbelthiere sind die Zonen der lebenden protoplasmatischen und der nicht mehr lebensfähigen verhornten Zellen scharf gegeneinander abgegrenzt; man unterscheidet sie auf dem Querschnitt leicht als das Stratum corneum (*sc*) und das

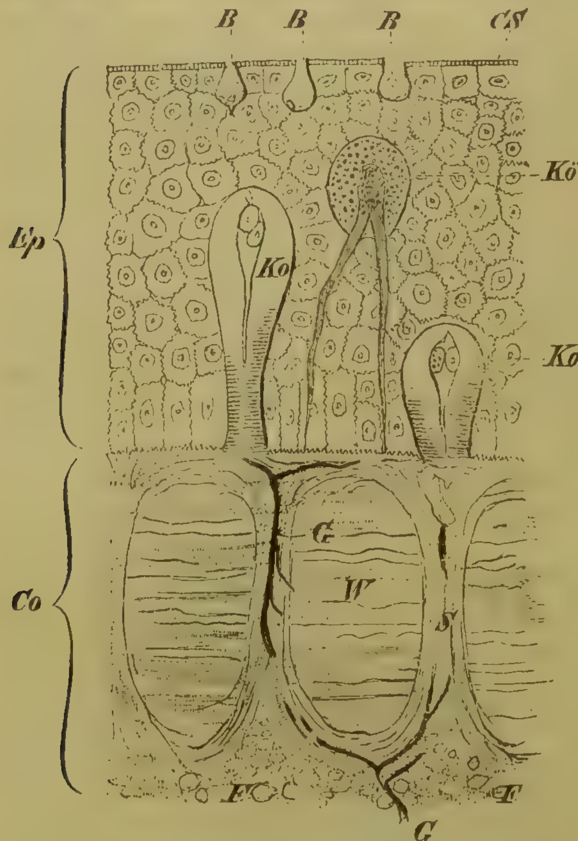


Fig. 25 a. Schnitt durch die Haut von Petromyzon Planeri. *Ep.* das vielschichtige Epithel der Epidermis, darinnen *B* Becherzellen, *Kö* Körnerzellen, *Ko* Kolbenzellen; *Co* Lederhaut mit Blutgefässen *G*, bestehend aus horizontal geschichteten (*W*) und senkrecht aufsteigenden (*S*) Fibrillenbündeln (aus Wiedersheim).

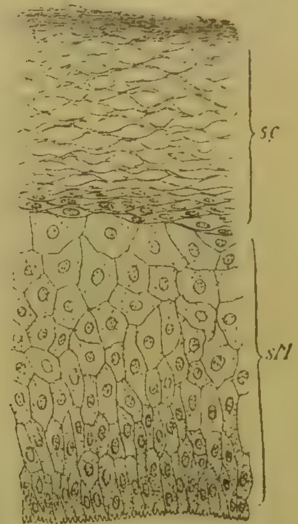


Fig. 25 b. Vielschichtiges Epithel des Menschen. *sM* stratum Malpighi, *sc* stratum corneum.



Fig. 26. Einschichtiges Epithel einer Schnecke. *c* Cuticula, *d* Becherzellen.

Stratum Malpighi (*sM*) der Haut. Bei vielschichtigen Epithelien hat die Cuticula ihre Bedeutung verloren, sie ist entweder ein unansehnlicher Grenzsaum oder fehlt ganz.

Drüsenepithel. Das Drüsenepithel unterscheidet sich physiologisch vom gewöhnlichen Deckepithel dadurch, dass es zugleich auch Ausscheidungen, Secrete oder Excrete, liefert; anatomisch lässt sich das an der Anwesenheit von „Drüsenzellen" erkennen, von Zellen, welche die Ausscheidung besorgen und mehr oder minder auffällig durch ihre Structur ihren Charakter verrathen. Charakteristische Drüsenzellen sind z. B. die Becherzellen; hier ist das Secret, wohl meist Schleim, im Innern der Zelle zu einer glasigen Masse angehäuft, das Protoplasma dadurch zu einer dünnen, an einen Becher erinnernden Wandschicht zusammengedrängt, in deren Grund der Kern lagert (Fig. 25 a, Fig. 26 d). Andere Drüsenzellen sind die Körnchenzellen, bauchig aufgetriebene Körper,

die in ihrem Innern von Secretkörnchen ganz durchsetzt sind (Fig. 25a *Kö*). Zwischen Deck- und Drüsenepithel giebt es natürlich alle Uebergänge. Den letzteren Namen wird man gewöhnlich nur dann anwenden, wenn die Drüsenzellen besonders häufig sind und damit der Epithelstrecke in erster Linie secretorische Bedeutung verleihen. Das ist vornehmlich in den Apparaten der Fall, welche man mit einem besonderen Namen „Drüsen" nennt, unter denen man einzellige und vielzellige Drüsen unterscheidet.

Einzellige Drüsen.

E i n z e l l i g e u n d v i e l z e l l i g e D r ü s e n führen zu einer Vergrösserung der secretorischen Oberfläche durch Einstülpung. Einstülpung einer einzigen Zelle liefert die einzellige Drüse, welche vornehmlich bei wirbellosen Thieren vorkommt (Fig. 27); eine Drüsenzelle wächst hier so enorm an, dass sie im Epithel keinen Platz hat, sondern in die Tiefe, in die subepithelialen Schichten, hineindringt; hier lagert der von Secret geblähte Zellkörper mit Kern und dringt mit einem dünnen Fortsatz, einem Ausführgang, bis zur epithelialen Oberfläche vor.

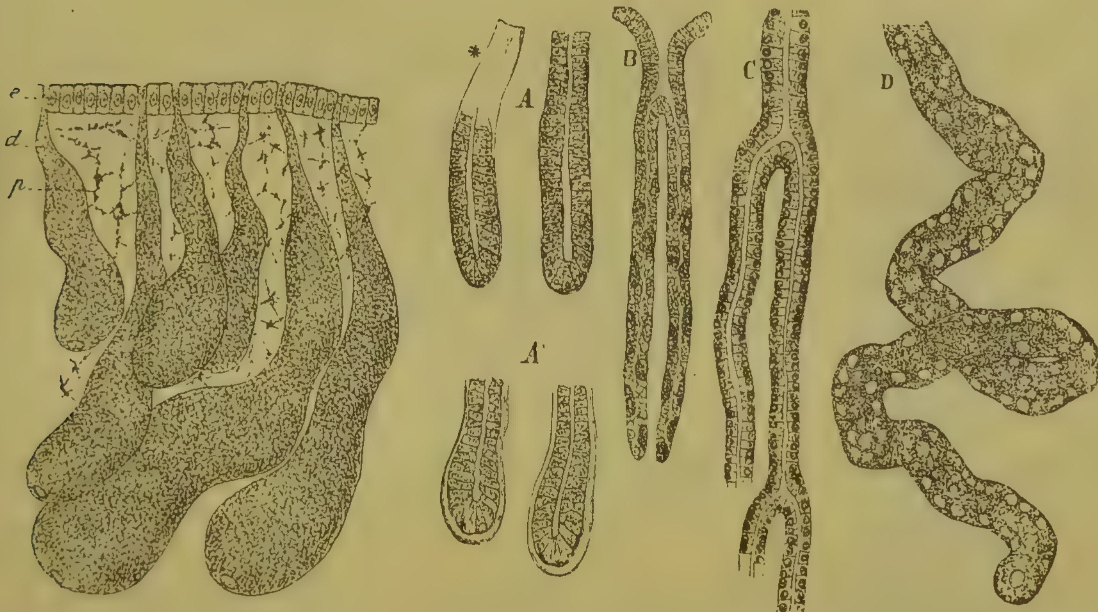


Fig. 27. Einzellige Drüsen aus dem Mantelrand von Helix pomatia. *e* Epithel, *d* einzellige Drüsen, *p* Pigmentzellen.

Fig. 28. Tubulöse Drüsen (nach Toldt). *A* Lieberkühn'sche Drüsen des menschlichen Darms. A^1 Drüsen der Bindehaut des Auges, *B* Labdrüsen der Katze. *C*, *D* Nierencanälchen, *C* aus der Nierenpyramide des Hundes, *D* aus der Nierenrinde des Kaninchens.

Vielzellige Drüsen.

Bei der Bildung der v i e l z e l l i g e n D r ü s e n wächst eine ausgedehnte Strecke Drüsenepithels als cylindrischer Strang oder Rohr von der Oberfläche aus in die tiefere Gewebsschicht; selten bleibt der Zellstrang einfach, meist verästelt er sich und bildet die zusammengesetzte Drüse, die aus Hunderten oder Tausenden von Drüsenschläuchen bestehen kann, welche sämmtlich in einen gemeinsamen Ausführweg münden. Man unterscheidet unter den vielzelligen Drüsen tubulöse und acinöse Formen. Bei den t u b u l ö s e n D r ü s e n (Fig. 28) besitzen die einfachen oder verästelten Drüsenschläuche dasselbe röhrige Caliber vom Anfang bis zum Ende; bei den a c i n ö s e n D r ü s e n (Fig. 29) dagegen erweitert sich das blinde Ende des Drüsenschlauchs zu einer Anschwellung, welche vorwiegend die secretorischen Zellen enthält und an dem vorderen Abschnitt des Drüsenschlauchs, dem Ausführgang,

ansitzt, wie eine Weinbeere an ihrem Stiel. Zu den tubulösen Drüsen gehören Leber, Niere und Schweissdrüsen des Menschen, zu den acinösen die Speicheldrüsen nicht nur der Wirbelthiere, sondern auch der Arthropoden und Mollusken.



Fig. 29. Acinöse Speicheldrüsen von Orthezia cataphracta (nach List); in einigen Acini sind die Kerne und Grenzen der Zellen eingetragen.

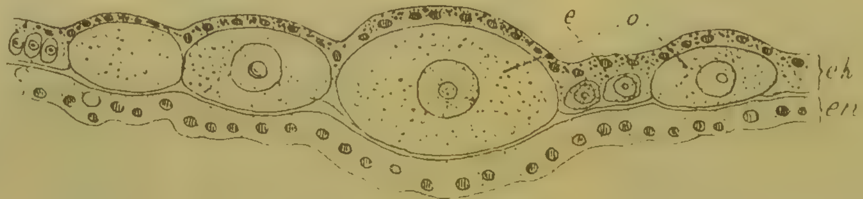


Fig. 30. Keimepithel einer Meduse. *ek* Ektoderm, *en* Entoderm, *o* Eier, *e* Epithel.

Geschlechtsepithelien

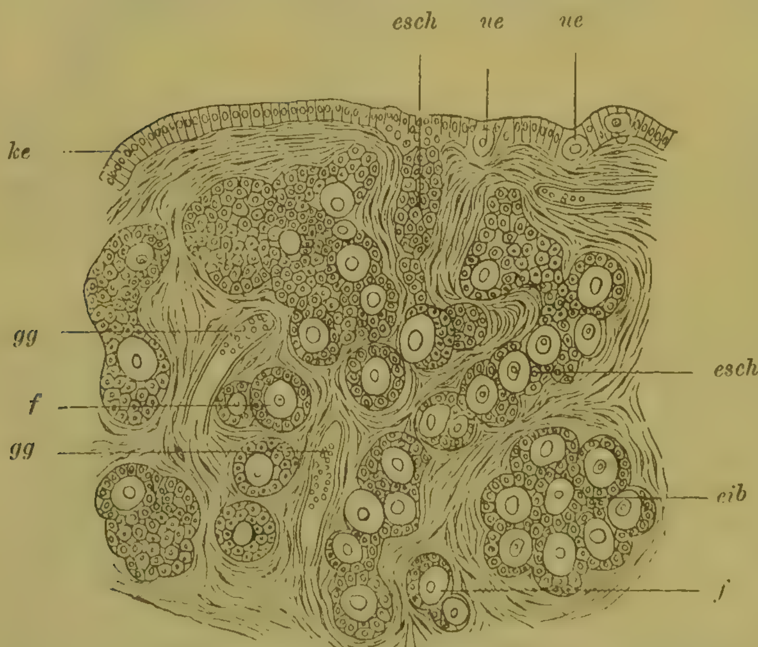


Fig. 31. Schnitt durch den Eierstock eines neugeborenen Kindes (nach Waldeyer). *ke* Keimepithel, *ue* Ureier im Keimepithel, *esch* Eischläuche, *eib* durch Abschnürung aus diesen hervorgegangene Eiballen, *f* einzelne Eifollikel, *gg* Gefässe.

An das Drüsenepithel schliessen wir zweckmässigerweise die Besprechung der G e s c h l e c h t s z e l l e n an; denn diese bilden ein vollkommenes Seitenstück zu den Drüsenzellen. Wie das Secret der letzteren aus dem Körper befördert werden muss, so bilden auch die Geschlechtszellen Elemente, die dem Organismus fremdartig gegenüberstehen und nach aussen gelangen müssen, um in Function zu treten. Wie Drüsenzellen meist zwischen

gewöhnliche Epithelzellen eingestreut sind, so liegen auch fast ausnahmslos die Geschlechtszellen im Epithel eingebettet, sei es im Epithel der Haut (Fig. 30), des Darms, der Leibeshöhle oder abgeschnürter Theile derselben (Fig. 31). Diese Verbindung der Sexualzellen mit dem Epithel hat noch einen weiteren Grund darin, dass viele Organismen und besonders Organismen von niederem Bau ausschliesslich aus Epithel bestehen und daher nothwendigerweise im Epithel ihre Geschlechtsproducte entwickeln müssen. Geschlechtszellen und Epithelzellen sind mit anderen Worten die ältesten Elemente des Thierkörpers und dadurch schon früh in Beziehung zu einander gebracht.

Geschlechtsepithelien, oder wie man sie auch häufig nennt, Keimepithelien, haben wie Drüsenepithelien dieTendenz,in das subepitheliale Gewebe in Form von isolirten oder verästelten Schläuchen hineinzuwachsen (Fig. 31, 32), und so kommt es, dass in vielen Thiergruppen die Geschlechtsorgane den Charakter verästelter Drüsen tragen, weshalb man im Allgemeinen ebenso häufig von Geschlechtsdrüsen wie von Geschlechtsorganen spricht (Fig. 32.)

Was nun die specifischen Elemente der Geschlechtsepithelien und Geschlechtsdrüsen anlangt, so besteht ein grosser Unterschied zwischen den weiblichen und männlichen Elementen, der schon darin zum Ausdruck kommt, dass die ersteren, die Eier, zu den grössten, die letzteren, die Spermatozoen oder Samenfäden, zu den kleinsten Zellen des thierischen Körpers gehören.

Eizelle.

Die Eizelle (Fig. 33), wie sie im Ovarium gebildet wird, hat eine je nach der Thiergruppe wechselnde Grösse; bei den mikroskopisch kleinen Gastrotrichen misst sie 0,04 mm, beim Menschen fast 0,2 mm, bei den Fröschen mehrere Millimeter, und bei den grossen Vögeln oft mehrere Zoll, wobei zu beachten ist, dass als Eizelle nur das sogenannte Gelbei angesehen werden kann, während das Eiweiss und die Schale Bildungen sind, die ausserhalb des Eierstocks in dem Eileiter entstehen. Diese enormen Grössenunterschiede sind weniger durch den Gehalt an eigentlicher Zellsubstanz, an Protoplasma (Bildungs- oder Hauptdotter) bedingt, als durch die Anhäufung von Deutoplasma (Nahrungs- oder Nebendotter, auch Dotter kurzweg genannt). Der Nebendotter hat die Aufgabe, den in Entwicklung begriffenen Embryo zu ernähren, und besteht daher aus fett- und eiweissreichen Stoffen, welche in feinen Körnchen oder polygonalen Körpern, den Dotterblättchen, oder in rundlichen Oelkugeln

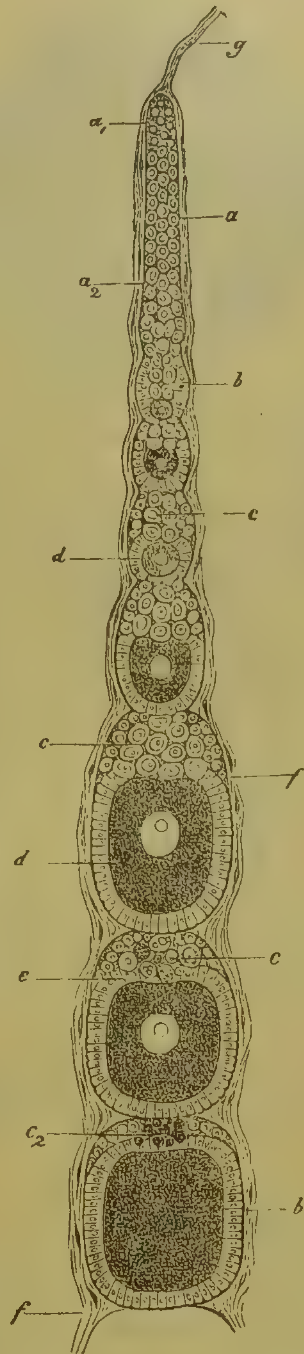


Fig. 32. Eiröhre eines Insects, Vanessa Urticae. *a* Bildungszellen, *b* Follikelepithel, *c* Nährzellen, *d* Eizellen, *e* Lage des Mikropylendes, *f* fibröse Umhüllung, in den Endfaden *g* auslaufend. (Nach Waldeyer.)

abgelagert sind. Er ist in um so grösseren Quantitäten vorhanden und bedingt daher auch um so bedeutendere Dimensionen des Eies, je länger die Zeit dauert, in welcher das Ei von jeder Nahrungszufuhr abgeschnitten ist. Die grössten Eier finden wir im Allgemeinen bei eierlegenden Thieren, welche eine hohe Organisation besitzen, bei denen zur Anlage der vielfältigen Organe ein lange dauernder Entwicklungsgang nöthig ist.

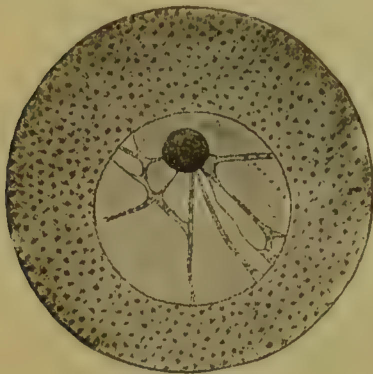


Fig. 33. Eizelle von Toxopneustes lividus.

Ausser Bildungsdotter, Protoplasma, und Nährdotter, Deutoplasma, findet sich im Ei stets noch der Zellkern oder das Keimbläschen vor, ein ansehnliches Bläschen, welches bei grossen Eiern schon mit unbewaffnetem Auge erkannt werden kann und von einer festen Membran umgeben ist. Sein Inhalt ist vorwiegend der Kernsaft; in demselben breitet sich ein achromatisches Kernnetz aus und liegt ferner das Kernkörperchen, nach dem Entdecker auch Wagner'scher Fleck oder Keimfleck genannt. Häufig sind multinucleoläre Keimbläschen, besonders bei Eiern, welche sehr viel Dotter enthalten.

Spermatozoen. Die Spermatozoen, die Formelemente des männlichen Samens, sind so klein, dass sie nur mit den stärksten Vergrösserungen auf ihren

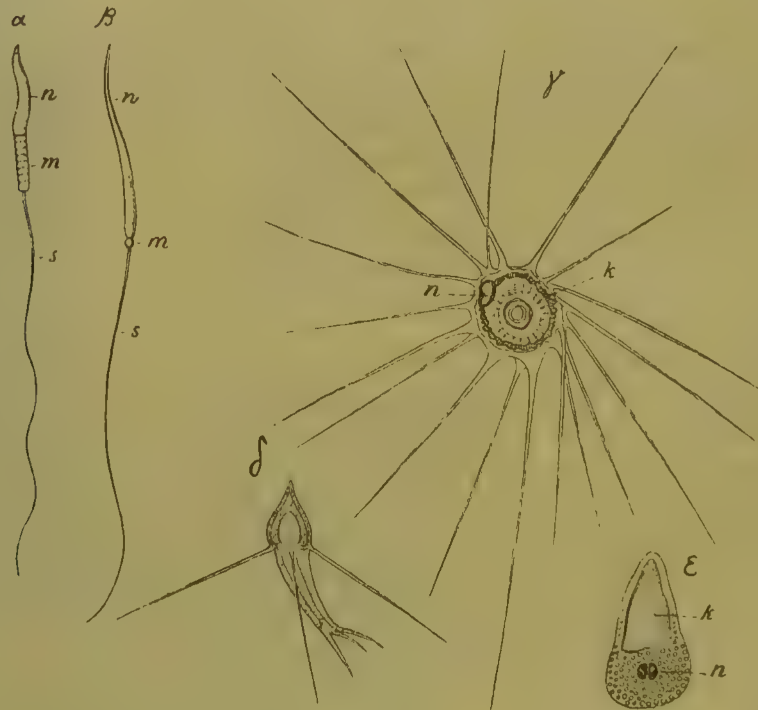


Fig. 34. Verschiedene Spermatozoen. *α* von der Nachtschwalbe, *β* vom Laubfrosch, *γ* vom Flusskrebs, *δ* einer Krabbe, *ε* vom Spulwurm, *n* Kern, *m* Zwischenstück, s Geissel, *k* homogener Körper.

feineren Bau hin untersucht werden können. (Fig. 34 *α* und *β*.) Am leichtesten ist an ihnen der Kopf zu erkennen, welcher durch seine sehr verschiedenartige Gestalt, indem er kugelig, oval, sichelförmig u. s. w. ist, häufig die specifische Bestimmung der Spermatozoen ermöglicht. Der Kopf ist der fest zusammengeballte chromatische Theil des Kerns

und färbt sich daher in Tinctionsflüssigkeiten sehr stark. An ihn setzt sich ein gar nicht färbbarer zweiter Abschnitt an, das Mittelstück, wahrscheinlich der achromatische Theil des Kernes, an das letztere wiederum der Schwanzfaden, eine lange Geissel, welche die lebhafte Beweglichkeit der reifen Spermatozoen vermittelt. Protoplasma kann nur in äusserst geringen Spuren vorhanden sein, welche in dünner Schicht den Kern umgeben.

Nach dem beschriebenen Schema sind die Spermatozoen fast sämmtlicher Thiere gebaut mit Ausnahme der Nematoden und Crustaceen. In diesen beiden Classen sind merkwürdigerweise die Spermatozoen auffallend gross und unbeweglich und umschliessen einen sonst nicht vorkommenden homogenen, stark lichtbrechenden Körper (*k*), dessen Bedeutung ganz unklar ist. Die Spermatozoen der Spulwürmer (Fig. 34 *ε*) haben die Gestalt eines Zuckerhuts mit abgerundetem breiten, den Kern enthaltenden Ende; die Spermatozoen des Flusskrebses (Fig. 34 *γ*) gleichen dagegen einer Tortenschüssel, von deren grösstem Umkreis ein Kranz feiner, starrer und spitzer Fäden entspringt.

Sinnesepithel.

Die letzte Modification des Epithels, welche wir noch zu besprechen haben, ist endlich das Sinnesepithel. Seinen besonderen Charakter erhält dasselbe durch die Verbindung, welche einige seiner Zellen, die Sinneszellen, mit den feinsten Endästen verzweigter, vom Centralnervensystem kommender Nerven eingehen. Die betreffenden Sinneszellen sind gewöhnlich schon an ihrer Form zu erkennen; sie sind feine lange Fäden, in denen durch die Einlagerung des Kerns eine Verdickung herbeigeführt wird. (Fig. 35.) So zerfällt der Zellkörper in ein peripheres Ende, welches die Aufnahme der Sinnesempfindung vermittelt, und ein centrales, welches die Verbindung mit den Nerven herstellt. Letzteres verzweigt sich entweder in zwei oder mehr feinste, den Charakter von Nervenfibrillen annehmende Ausläufer oder steht wenigstens mit den Enden von Nervenfibrillen in Contact, ersteres trägt meist besondere, zur Sinnesempfindung in Beziehung stehende Anhänge, Hörhaare, Tasthaare, stiftchenartige Aufsätze bei Geruchs- und Geschmacksorganen, ansehnliche Stäbchen bei den Sehzellen. Auch in Sinnesorganen, bei welchen die Nervenendigungen nicht an der Körperoberfläche liegen, wie dem Gehörorgan und dem Auge des Menschen, sind trotzdem Strecken von Sinnesepithel die functionell wichtigsten Theile. Man kann hier fast stets durch die Entwicklungsgeschichte den Beweis führen, dass die Sinnesepithelien abgelöste Theile der Körperhaut sind.

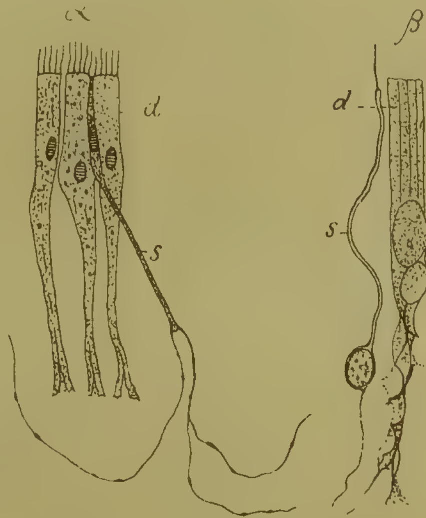


Fig. 35. Sinnesepithel. *α* einer Aktinie, *β* aus der Geruchsschleimhaut des Menschen, *d* Stützzellen, *s* Sinneszellen.

Im Bereich des Sinnesepithels und zwischen den Sinneszellen finden sich noch anderweitige Epithelzellen, welche nicht mit Nerven in Verbindung stehen und mannigfache Nebenfunctionen zu leisten haben; sie dienen zur Stütze der Sinneszellen, enthalten beim Auge Pigment, tragen beim Gehörorgan die Hörsteine u. s. w. Man kann sie mit dem allgemeinen Namen „Stützzellen“ belegen.

2. Bindesubstanzen.

Histologisch genommen giebt es keinen grösseren Unterschied als zwischen Epithelien einerseits und Bindesubstanzen andererseits; gehören jene der Oberfläche an, so finden sich diese im Innern des Körpers; spielen bei jenen die Zellen die Hauptrolle, so sind sie umgekehrt bei diesen von untergeordneter Bedeutung gegenüber den Plasmaproducten, den „Intercellularsubstanzen", welche den Charakter der verschiedenen Bindesubstanzarten vornehmlich bedingen.

Primäre Aufgabe der Bindesubstanzen ist es, die Zwischenräume, welche sich im Innern des Körpers zwischen den einzelnen Organen ergeben, auszufüllen und dabei die Einzeltheile des Organs sowie auch die verschiedenen Organe unter einander zu verbinden. Die Bindesubstanzen tragen in Folge dessen auch zur Festigkeit des Körpergefüges bei und werden dementsprechend häufig zum Aufbau des Skelets verwandt. Um das zu erreichen, bilden die Zellen auf ihrer Oberfläche Substanzen, welche meist eine grössere Festigkeit haben als das Protoplasma und, da sie zwischen die Zellen eingeschlossen sind, Intercellularsubstanzen heissen. Je mehr die Intercellularsubstanzen an Masse zunehmen, um so mehr verbrauchen sich die Zellen und werden zu unscheinbaren Körperchen, den Bindesubstanzkörperchen, oder verschwinden sogar, was jedoch selten ist, gänzlich. Da die Intercellularsubstanzen das Wichtigste in der Bindesubstanz sind, ist es begreiflich, dass vornehmlich auf ihrer verschiedenen Beschaffenheit die Unterschiede der einzelnen Arten der Bindesubstanz beruhen. Man unterscheidet folgende Formen: 1. zellige Bindesubstanz, 2. homogene Bindesubstanz, 3. faserige Bindesubstanz, 4. Knorpel, 5. Knochen.

Zellige Bindesubstanz.

Die zellige Bindesubstanz zeigt die Merkmale der Gruppe am wenigsten ausgeprägt; sie hat ihren Namen daher, dass die Zellen bei ihr die Hauptmasse ausmachen, während die Zellproducte nur in ihren ersten Anfängen vorhanden sind. Die Zellen sind grosse blasige Körper, welche eine feste, wenn auch dünne Hülle als Repräsentantin der Intercellularsubstanz ausgeschieden haben. Zahlreiche solche von Membranen umhüllte Zellen sind nach Analogie pflanzlicher Zellen fest gegen einander gepresst und platten sich polygonal ab. (Fig. 36.)



Fig. 36.

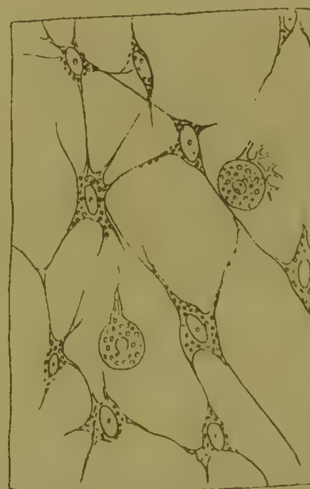


Fig. 37.

Fig. 36. Zellige Bindesubstanz. Querschnitt durch die Chorda einer eben ausgeschlüpften Forelle.

Fig. 37. Homogene Bindesubstanz von Sycandra raphanus (nach F. E. Schulze).

Homogene Bindesubstanz.

Bei der homogenen Bindesubstanz ist die Intercellularsubstanz meist reichlich vorhanden als eine glasartig durchsichtige und daher unter dem Microscop fast gar nicht wahrnehmbare, bald gallert-

artig weiche, bald derbere Masse (Fig. 37). Die in ihr liegenden Zellen sind entweder kugelig oder senden verästelte Fortsätze in die Grundsubstanz hinein. Solche Verästelungen können zu einem Netzwerk verschmelzen, welches wie ein Pseudopodiennetz Zelle mit Zelle verbindet. Nicht selten wird ausserdem die homogene Bindesubstanz von isolirten festen Fäden oder Strängen durchsetzt, welche vermöge ihrer physikalischen Eigenschaften elastische Fasern heissen und aus einer gegen alle Reagentien äusserst widerstandsfähigen Substanz, dem Elastin, bestehen. Endlich können sich in der Grundsubstanz die feineren Bindesubstanzfibrillen entwickeln, welche das charakteristische Element der nächsten Gruppe bilden und zu dieser überleiten, je mehr sie durch Zunehmen an Zahl in den Vordergrund treten und den Charakter des Gewebes bestimmen.

Faserige Bindesubstanz.

Die faserige Bindesubstanz ist ausgezeichnet durch die reichliche Anwesenheit der Bindegewebsfibrillen; dieselben sind Fädchen von ausserordentlicher Feinheit und liegen in einer homogenen Grundsubstanz, die sie um so mehr verdecken, je reichlicher sie sind. In ihrem Verlaufe sind sie entweder wirr angeordnet und nach allen Richtungen gekreuzt, oder sie verlaufen im Wesentlichen parallel und in einer bestimmten Richtung. Zwischen ihnen finden sich die rundlichen,



Fig. 38. Faserige Bindesubstanz einer Actinie.

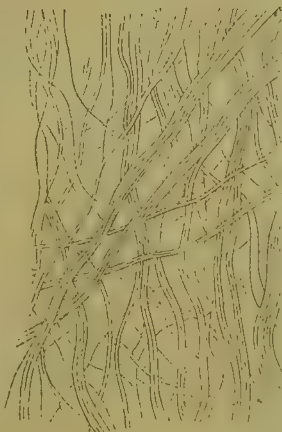


Fig. 39. Lockeres faseriges Bindegewebe (nach Gegenbaur).



Fig. 40. Sehnengewebe (nach Gegenbaur).

spindelförmigen oder verästelten Bindesubstanzkörperchen (Fig. 38). Bei den Wirbelthieren sind stets zahlreiche Fibrillen zu einem Bündel vereint; jedes Bündel wird gewöhnlich umhüllt von den zu platten Zellen gewordenen Bindegewebskörperchen. Die Bündel verlaufen locker gekreuzt nach allen Richtungen (lockeres Bindegewebe, Zellgewebe der früheren Autoren), (Fig. 39) oder sie sind ihrerseits wieder genau parallel gestellt und zu einer straffen Fasermasse zusammengefügt (straffes Bindegewebe der Bänder, Sehnengewebe) (Fig. 40). Da nun die Fibrillen der faserigen Bindesubstanz der Wirbelthiere noch eine weitere sonst nicht vorkommende Eigenthümlichkeit besitzen, indem sie aus Glutin bestehen und beim Kochen Leim liefern, ist es zweckmässig, für diese Gewebsform den besonderen Namen „Bindegewebe“ zu reserviren.

In allen faserigen Bindesubstanzen können als weitere Formelemente die elastischen Fasern auftreten; sie können sogar die gewöhnlichen

Bindegewebsfibrillen verdrängen und zum dominirenden Bestandtheil der Bindesubstanz werden, weshalb man dann von elastischem Gewebe spricht.

Knorpel.



Fig. 41.
Knorpel (nach Gegenbaur). *c* Perichondrium, *b* Uebergang zum typischen Knorpel *a*.

Knorpel und Knochen sind gleichfalls Gewebe, welche ihre charakteristische Ausbildung nur bei Wirbelthieren finden. Der Knorpel hat in seinem Aussehen viel Aehnlichkeit mit der homogenen Bindesubstanz mancher wirbelloser Thiere; das Grundgewebe ist homogen und auf den ersten Blick ganz strukturlos (Fig. 41), nimmt aber unter dem Einfluss gewisser Reagentien eine faserige Beschaffenheit an. Letzteres Verhalten, sowie der Umstand, dass der Knorpel durch Umwandlung des Perichondrium, einer dünnen, faserigen, seine Oberfläche überziehenden Haut, wächst, lässt es sicher erscheinen, dass er ein homogenisirtes, faseriges Bindegewebe ist und sich somit wesentlich von der homogenen Bindesubstanz unterscheidet, da er nicht wie diese eine niedere, sondern eine höhere Stufe der Gewebsbildung bezeichnet. — Im Grundgewebe liegen die Knorpelzellen zu Gruppen und Nestern vereinigt, eine Gruppirungsweise, die auf ihre Entstehung hinweist, da jede Zellengruppe durch successive Theilung aus einer einzigen Mutterzelle entstanden ist. — Auch im Knorpel können elastische Fasern auftreten; eine grosse Zahl derselben wandelt den bläulich schimmernden, **hyalinen Knorpel** in den gelblich gefärbten **elastischen Knorpel** um.

Knochen.

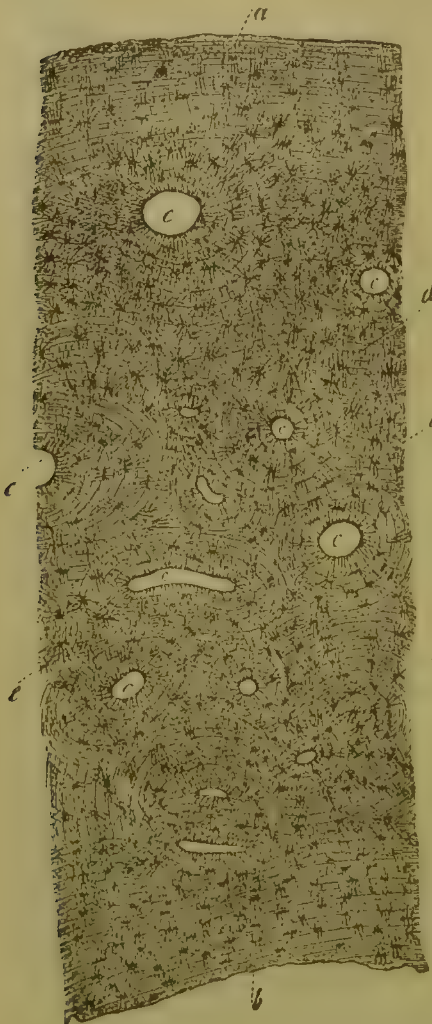


Fig. 42. Querschnitt durch den Metacarpus des Menschen. *a* Fläche des Periosts, *b* Fläche des Markraums, *c* Querschnitte der Havers'ischen Canäle und ihrer Lamellensysteme, *d* Grundlamellen, *e* Knochenkörperchen (nach Frey).

Der **Knochen** ist die complicirteste Bildung in der Bindesubstanzreihe. Er besteht aus einer dem Glutin sehr nahestehenden Grundsubstanz, dem Ossein, welches mit anorganischen Bestandtheilen so innig verbunden ist, dass man unter dem Microscop nur eine homogene Masse sieht. Das Verhältnis von organischer und anorganischer Substanz wechselt nach Alter und Art des Thieres; beim Menschen z. B. kommen 65 % anorganische Substanz auf 35 % organische, bei der Schildkröte 63 % auf 37 %. Unter den anorganischen Bestandtheilen ist am wichtigsten der phosphorsaure Kalk, 84 % der Gesammtmasse der anorganischen Verbindungen, daneben finden sich noch in geringeren Quantitäten Verbindungen von Fluor, Chlor, Kohlen-

säure und Magnesia. Morphologisch ist die Grundsubstanz zusammengesetzt aus den Knochenlamellen (Fig. 42), deren Anordnung von den in und an dem Knochen vorhandenen Oberflächen bestimmt wird. In einem Röhrenknochen (wie dem Oberarmbein oder einem Handknochen) ist eine Oberfläche durch die Begrenzung nach aussen gegeben, wo eine faserige Haut, die Beinhaut oder das Periost, dicht auflagert; eine zweite Oberfläche ist nach dem Innern zu nöthig geworden durch die Anwesenheit der Markhöhle; endlich ist das Massiv des Knochens noch durchsetzt von den Havers'ischen Canälen, welche vorwiegend in der Längsrichtung angeordnet, durch quere oder schräge Canäle aber zu einem Netz unter einander verbunden sind und dem Verlauf von Blutgefässen dienen. Indem nun die Knochenlamellen sich parallel den besprochenen Oberflächen anordnen, lassen sich auf dem Querschnitt 2 Systeme unterscheiden, die Grundlamellen und die Havers'ischen Lamellen. Jene sind den Oberflächen des Periosts und des Markraums parallel gestellt und bilden einen Mantel von concentrischen Schichten um die Markhöhle herum. In diesen Grundstock des Knochens sind nun die Havers'ischen Canäle mit ihren Lamellen eingebohrt, indem sie die ihnen in den Weg tretenden Grundlamellen zerstört und ersetzt haben. Die Havers'ischen Lamellen sind um das Lumen der Havers'ischen Canäle ebenso concentrisch geschichtet wie die Grundlamellen um den Markraum.

Die Schichtung des Knochens ist durch die Entstehungsweise begründet. Wo der Knochen an die Havers'ischen Canäle, den Markraum und das Periost angrenzt, findet sich vorübergehend oder dauernd eine epithelartige Lage von Zellen, von „Osteoblasten", welche die Knochensubstanz auf ihrer Oberfläche ausscheiden, was, wie in allen derartigen Fällen, der ausgeschiedenen Substanz eine geschichtete Structur verleiht. Bei dieser Ausscheidung gerathen einige Zellen mit in die Grundsubstanz hinein und geben hier die Knochenkörperchen ab, welche sich von den Knorpelzellen durch die reichlichen, die Grundsubstanz durchbohrenden Ausläufer unterscheiden. Die von einem Knochenkörperchen entspringenden Ausläufer verästeln sich und verschmelzen mit den ihnen entgegenkommenden Verzweigungen benachbarter Zellen; ihre Anordnung ist am schönsten am getrockneten Knochen zu erkennen, weil hier die Hohlräume und Canäle der Grundsubstanz von Luft gefüllt sind. — Als besondere Modifikationen des Knochengewebes sind noch zu nennen das Gewebe der Fischschuppen und das Zahnbein, auch Elfenbein oder Substantia eburnea genannt.

Blut und Lymphe. Blut und Lymphe, welche wir hier im Anschluss an die Bindesubstanzen abhandeln, sind streng genommen gar keine Gewebe, sondern nur ernährende Flüssigkeiten. Zweierlei ernährende Flüssigkeiten finden sich bei den Wirbelthieren vor, das rothgefärbte Blut und die farblose oder schwach opalisirende oder weisslich getrübte Lymphe. Am Blut des Menschen und der Wirbelthiere haben wir zunächst die flüssigen und die geformten Bestandtheile aus einander zu halten. Die Blutflüssigkeit oder das Blutplasma ist abgesehen von anorganischen Bestandtheilen besonders reich an Eiweisssubstanzen, von denen sich jedoch nach der Entleerung des Blutes aus den Gefässen ein Theil durch Gerinnung ausscheidet und den aus Fibrin bestehenden Blutkuchen liefert, während eine an Eiweiss ärmere Flüssigkeit, das Blutserum, übrig bleibt. Die geformten Elemente, die Blutzellen, werden als rothe und weisse Blutkörperchen unterschieden. Letzere, die Leukocyten sind in geringerer Anzahl vorhanden und haben grosse Aehn-

lichkeit mit den im Wasser vorkommenden Amöben; sie sind Protoplasmaklümpchen, welche einen Kern enthalten, Fremdkörper, wie z. B. in das Blut gespritzte Carminkörnchen, fressen und sich „amöboid“ d. h. durch Aussenden von Pseudopodien fortbewegen. (Fig. 43.)

Die rothen Blutkörperchen der Wirbelthiere (Fig. 44) sind im ausgebildeten Zustand kreisrunde oder ovale Scheiben, welche durch Einwirkungen von aussen, durch Druck und Zug, vorübergehend gebogen, eingeschnürt oder anderweitig in ihrer Form modificirt werden, activ aber ihre Gestalt nicht verändern können, weil sie nicht mehr aus Protoplasma bestehen. Entwicklungsgeschichtlich entstehen sie zwar aus ächten, kernhaltigen, protoplasmatischen Zellen, von denen es noch zweifelhaft ist, ob sie mit den Leukocyten identisch sind; später aber wird der protoplasmatische Zellenleib ganz in ein Plasmaproduct, das Stroma des Blutkörperchens, verwandelt. Wenn sich bei dieser Metamorphose der Kern erhält, so bildet er im Centrum der Scheibe beiderseits eine schwache Hervorwölbung; wird der Kern ebenfalls rückgebildet, dann werden die beiderseitigen Hervorwölbungen durch flache Dellen ersetzt. Im letzteren Fall hat man streng genommen kein Recht mehr, von Blutzellen zu reden, da alle charakteristischen Bestandtheile der Zelle, Kern und Protoplasma, geschwunden sind. — Systematisch sind die rothen Blutkörperchen insofern von Interesse, als kernlose Formen nur bei den Säugethieren (Fig. 44 *a b*), kernhaltige bei allen übrigen Wirbelthieren (*c*—*d*) gefunden werden. Auch besitzen die Säugethiere kreisrunde, die übrigen Wirbelthiere ovale Scheiben. In letzterer Hinsicht kommen jedoch Ausnahmen vor, indem unter den Säugethieren die Tylopoden (Kameel, Lama) ovale, unter den Fischen die Cyclostomen kreisförmige Blutkörperchen haben.

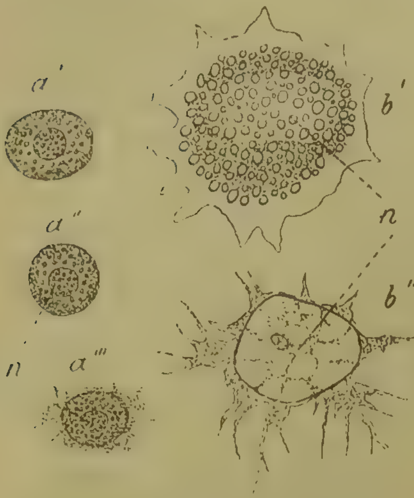


Fig. 43. Weisse Blutkörperchen *a* vom Menschen, *b* vom Krebs (*n* der Kern).



Fig. 44. Rothe Blutkörperchen *a* vom Menschen, *b* vom Kameel, *c* von der Natter, *d'* von Proteus (Kantenansicht), *d''* Flächenansicht, *e* eines Rochen, *f* von Petromyzon, *n* Kern (alle Blutkörperchen 700 fach vergrössert mit Ausnahme von *d*, welehe 350 mal vergössert sind.)

Die rothen Blutkörperchen sind sowohl Ursache der Farbe des Blutes als auch Träger einer seiner wichtigsten Functionen, der Vermittlung des Gasaustausches; beides hängt damit zusammen, dass das Stroma den Blutfarbstoff oder das H ä m o g l o b i n enthält. Das Hämoglobin gehört zu den wenigen crystallisirbaren Eiweisskörpern und ist ausgezeichnet durch seinen, wenn auch geringen, so doch äusserst wichtigen Gehalt an Eisen und durch seine Wahlverwandtschaft zu Sauer-

stoff. Sauerstoffhaltiges Hämoglobin oder Oxyhämoglobin bedingt die carminartige Farbe des sogenannten arteriellen Blutes, sauerstofffreies, „reducirtes“ Hämoglobin die dunkelrothe, in's Bläuliche schimmernde Farbe des venösen Blutes.

Vom Blut unterscheidet sich die Lymphe durch den gänzlichen Mangel der rothen Blutkörperchen und die geringere Gerinnungsfähigkeit seines Plasmas. Lymphe ist somit eine eiweisshaltige Flüssigkeit mit weissen Blutzellen, welche deshalb auch die Lymphkörperchen heissen.

Bei den meisten wirbellosen Thieren ist nur eine Art von ernährender Flüssigkeit vorhanden und auch diese nicht einmal bei allen Classen; die Flüssigkeit wird Blut genannt, obwohl sie gewöhnlich farblos ist. Wo Färbung vorkommt, ist dieselbe wenn auch nicht immer, so doch meistens eine gelblich rothe oder intensiv rothe; sie kann sogar wie bei den Wirbelthieren durch Hämoglobin bedingt sein (unter den Mollusken bei Arca tetragona, A. Noae, Solen legumen, Tellina planata, Pectunculus glycimeris und anderen, unter Anneliden bei Capitelliden, Glycera, Polycirrus, Leprea, Blutegeln, unter Insecten bei Chironomus). Sitz der Färbung ist in der Regel das Blutplasma (Chironomus, Hirudineen, Regenwürmer und die meisten Anneliden); nur ausnahmsweise kommen gefärbte Blutkörperchen vor wie bei Arca, Solen und den übrigen oben genannten Muscheln, ferner bei der Gattung Phoronis. Gefärbte, mit Blutkörperchen identische, Hämoglobin enthaltende Elemente finden sich ausserdem in der Leibeshöhlenflüssigkeit mancher Anneliden (Capitelliden, Glycera, Leprea, Polycirrus) und in den Ambulacralgefässen von Echinodermen (Ophiactis virens, einigen Holothurien) vor. — Am verbreitetsten sind bei wirbellosen Thieren die Leukocyten, welche sich durch lebhafte amöboide Beweglichkeit auszeichnen, indessen können sie ebenfalls fehlen, so dass dann das Blut eine Flüssigkeit ohne geformte Körperchen ist.

Man hat das Blut öfters eine Bindesubstanz mit verflüssigter Intercellularsubstanz genannt. Diese Auffassung ist weder physiologisch noch morphologisch gerechtfertigt. Denn wenn wir von der ganz abweichenden Function des Blutes absehen, so lässt sich nicht beweisen, dass das Blutplasma ein Product der Blutzellen ist, wie die Intercellularsubstanz ein Product der Bindesubstanzzellen. Das Vorkommen von Blut ohne Zellen ist vielmehr ein Beweis, dass die Bildung des Blutplasma unabhängig von den Blutkörperchen erfolgt.

3. Muskelgewebe.

Functionell am schärfsten charakterisirt ist das Muskelgewebe, insofern es Träger der activen Bewegungen im thierischen Körper ist; da nun auch dem Protoplasma active Beweglichkeit zukommt, ist es wichtig, die Unterschiede zwischen beiden Bewegungsweisen zu erörtern. Die Unterschiede sind in der Richtung und in der Intensität der Bewegung gegeben. Ein Protoplasmaklümpchen hat die Fähigkeit, nach allen Richtungen hin zu wandern, weil in seinem Innern die vollkommenste Verschiebbarkeit der kleinsten Theilchen gegen einander besteht. Alle Muskeln und dementsprechend auch ihre einzelnen Elemente, die Muskelfasern und Muskelfibrillen, besitzen dagegen nur die Fähigkeit der Verkürzung unter gleichzeitiger Zunahme des Querschnitts

(Fig. 45); sie können daher auch nur Bewegungen in einer bestimmten Richtung, in der Richtung der Muskelaxe, vollziehen. Ist die Muskelsubstanz somit in ihrer Bewegung beschränkter als das Protoplasma, so bietet sie auf der anderen Seite die Vortheile grösserer Energie und grösserer Schnelligkeit. Ein mit der Natur der verschiedenen Bewegungsarten vertrauter Beobachter wird schon aus der Intensität und Schnelligkeit mit ziemlicher Sicherheit entscheiden können, ob in einem gegebenen Fall eine Bewegung durch Protoplasma oder durch contractile Substanz im engeren Sinne (Muskelsubstanz) ausgeführt wird.



Fig. 45. Quergestreifte Muskelfibrillen *a* im ruhenden, *b* im contrahirten Zustand (nach Merkel).

Diese physiologischen Betrachtungen weisen schon darauf hin, dass Protoplasma und die contractile Substanz auch morphologisch verschiedenerlei Dinge sind, und dass man daher im Muskelgewebe scharf zwischen Bildungszelle oder Muskelkörperchen und Bildungsproduct oder contractiler Substanz unterscheiden muss, wie im Bindegewebe zwischen Bindegewebskörperchen und Bindegewebsfibrillen. Thatsächlich ist auch dieser Unterschied vorhanden, nur ist er optisch nicht immer gleich gut wahrnehmbar, weshalb er in der Histologie nicht in dem Maasse hervorgehoben wird, als es sein sollte. Man kennt in der thierischen Histologie 2 Arten oder, man kann auch sagen, 2 Ausbildungsstufen der Muskelsubstanz, die h o m o g e n e oder glatte und die q u e r g e s t r e i f t e. Da erstere dem körnchenfreien Protoplasma sehr ähnlich sieht, ist ihre Abgrenzung gegen das Muskelkörperchen schwieriger zu erkennen als bei der gestreiften Muskelsubstanz, welcher durch ihre feinere Structur ein ganz anderes Aussehen als dem Protoplasma gegeben wird. Bei der quergestreiften Muskulatur besteht die contractile Substanz aus 2 in der Contractionsrichtung des Muskels regelmässig mit einander alternirenden Substanzen, von denen die eine doppelt, die andere einfach lichtbrechend ist. (Fig. 23, 45, 48.)

Glatte und quergestreifte Muskelfasern.

Wir haben von Ausbildungsstufen der Muskelsubstanz gesprochen. Es bezeichnet nämlich die glatte Muskelsubstanz eine niedrigere Entwicklungsstufe als die quergestreifte, indem sie vorwiegend bei minder hoch organisirten und trägeren Thierformen vorkommt. Interessant ist in dieser Hinsicht die Erscheinung, dass von zwei Entwicklungszuständen einer und derselben Art der einfach gebaute und träge Polyp glatte, die in jeder Hinsicht vollkommenere und beweglichere Meduse quergestreifte Muskeln hat. Der Unterschied in der Leistungsfähigkeit hat bei den Wirbelthieren zu der eigenthümlichen Vertheilung der Muskelsubstanz geführt, dass die glatte Muskulatur vorwiegend den inneren Organen, welche nicht dem Willen unterworfen sind, zuertheilt worden ist, während die dem Willen unterworfene und daher zu schnellerer Handlung berufene Körpermuskulatur quergestreift ist. Man muss sich hüten, daraus den Schluss zu ziehen, als ob der Unterschied von glatter und quergestreifter Muskulatur sich mit dem Unterschied von Eingeweide- und Körpermuskulatur decke. Um diese irrthümliche Ansicht gleich von Anfang auszuschliessen, sei hier bemerkt, dass die Körpermuskulatur sämmtlicher Mollusken glatt, die Eingeweidemuskulatur vieler Insecten und Krebse ebenso wie die Körpermuskulatur quergestreift ist.

Epithel- und Bindesubstanz-muskelzelle.

Im ersten und zweiten Abschnitt der Gewebelehre haben wir zwei grundsätzlich verschiedene Gewebsformen im Epithel und in der Bindesubstanz kennen gelernt. Dieser Gegensatz hat auch für die Besprechung der Muskulatur seine Bedeutung; denn es zeigt sich, dass sowohl Epithelzellen wie Bindesubstanzzellen die Fähigkeit haben, contractile Substanz zu bilden, und dass sich genetisch daher 2 Muskelarten ergeben, die Epithelmuskelzelle und die Bindesubstanzmuskelzelle, für welch' letztere wir den seit langem gebräuchlichen Namen „contractile Faserzelle" beibehalten wollen. Beide Arten Muskelzellen können a priori sowohl glatte wie quergestreifte Muskelsubstanz bilden; nur hat die Anhäufung der Bindesubstanz um innere Organe es begünstigt, dass die contractilen Faserzellen meist glatt, während die Epithelmuskelzellen meist quergestreift sind.



Fig. 46. Epithelmuskelzellen *a* einer Meduse, *b* einer Actinie.

Epithelmuskelzellen sind Zellen, welche mit dem einen Ende an die Körperoberfläche oder die Fläche eines Innenraumes (Leibeshöhle, Darmlumen) heranreichen und hier sogar eine Cuticula, Geisseln und Flimmern besitzen können, während sie am anderen Ende contractile Substanz in Form von Muskelfibrillen ausgeschieden haben (Fig. 46); sie vereinigen in sich die Doppelfunction der Epithelzelle und der Muskelzelle. Contractile Faserzellen sind dagegen Bindesubstanzzellen, welche sich meist allseitig mit einem Mantel contractiler Substanz umhüllt haben; ihrer Entstehung entsprechend haben sie die Form von Bindesubstanzzellen und sind spindelförmig oder verästelt; im letzteren Falle sind die Verästelungen namentlich an den Enden angebracht. (Fig. 47.) Die Gleichartigkeit der Gestalt erschwert die Unterscheidung von gewöhnlichen Bindesubstanzzellen und Faserzellen; ist die contractile Schicht auf der Oberfläche schwach entwickelt, so kann die Unterscheidung sogar zur Unmöglichkeit werden. Um das Wesen des Elements daher zu erkennen, muss man sich an gut ausgeprägte Beispiele halten, an denen die ein- oder vielkernige Protoplasmamasse, die „Axensubstanz" von der Muskelmasse, der „Rindenschicht", durch eine scharfe Linie abgegrenzt ist. (Fig. 47 *c. d. e.*)

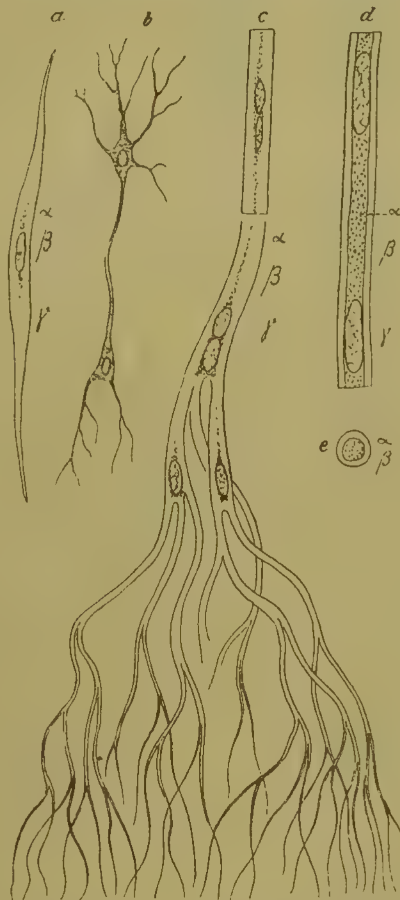


Fig. 47. Contractile Faserzellen. *α* contractile Rinde, *β* protoplasmatische Axe, *γ* Kerne; *a* vom Menschen, *b*—*e* einer Beroë (Ctenophore), *b* junge Faser, *c* verästeltes Ende, *d* Mitteltheil einer Faser, *e* Querschnitt.

Bei Wirbelthieren und Arthropoden finden sich die contractilen Faserzellen

in den vegetativen Organen als Elemente der „organischen Muskulatur“ vor; dagegen tritt uns hier die epitheliale Muskulatur, losgelöst vom Epithel und nur entwicklungsgeschichtlich noch auf das Leibeshöhlenepithel zurückführbar, in den quergestreiften Primitivbündeln entgegen. (Fig. 48.) Ein Primitivbündel ist ein cylindrischer Schlauch, der durch eine structurlose Haut, das Sarcolemma, nach aussen begrenzt und umhüllt wird. Sein Inhalt besteht aus feinen Fibrillen, welche streng parallel zu einander und dicht zusammengefügt von einem Ende des Schlauchs zum andern verlaufen. Jede Fibrille wird von einfach- und doppeltbrechenden Theilen gebildet, welche in mehr oder minder complicirter Anordnung mit einander alterniren. Da nun die doppelt brechenden Theile der Fibrillen innerhalb eines Bündels immer genau auf gleicher Höhe liegen, so fügen sie sich zu einer queren, das ganze Bündel durchsetzenden Streifung zusammen. Zwischen die Muskelfibrillen sind endlich hier und da eingesprengt die Muskelkörperchen, spindelige Protoplasmakörper mit einem Kern, die Reste der Zellen, welche die Muskulatur gebildet haben.



Fig. 48. Quergestreiftes Primitivbündel. *n* Kerne, *s* Stelle, an der durch Zerreissen der Fibrillen das Sarkolemm deutlich geworden ist (nach Gegenbaur).

4. Nervengewebe.

Wie das Muskelgewebe die Bewegungen vermittelt, so dient das Nervengewebe der Uebertragung von Erregungszuständen; es pflanzt die in der Peripherie entstehenden Erregungen der Sinnesorgane nach dem Centralnervensystem, dem Sitze des Bewusstseins, fort und bringt sie hier zur Wahrnehmung; es überträgt ferner die Willensimpulse nach der Peripherie, vor allem auf die Muskulatur. Vom Nervengewebe werden endlich die an verschiedenen Orten entstehenden Erregungszustände combinirt und so die Elemente geliefert zu dem, was wir selbständige seelische Thätigkeit nennen.

Auch hier muss der Träger der Reizleitung eine specifische, vom Protoplasma verschiedene Substanz, die Nervensubstanz, sein, analog der Muskelfibrille eine Nervenfibrille. Die Unterschiede dieser Substanz vom Protoplasma sind aber in der Praxis schwer zu erkennen, so dass wir hier von der wissenschaftlich durchaus gerechtfertigten Unterscheidung von Nervensubstanz und Nervenkörperchen Abstand nehmen wollen.

Ganglienzellen.

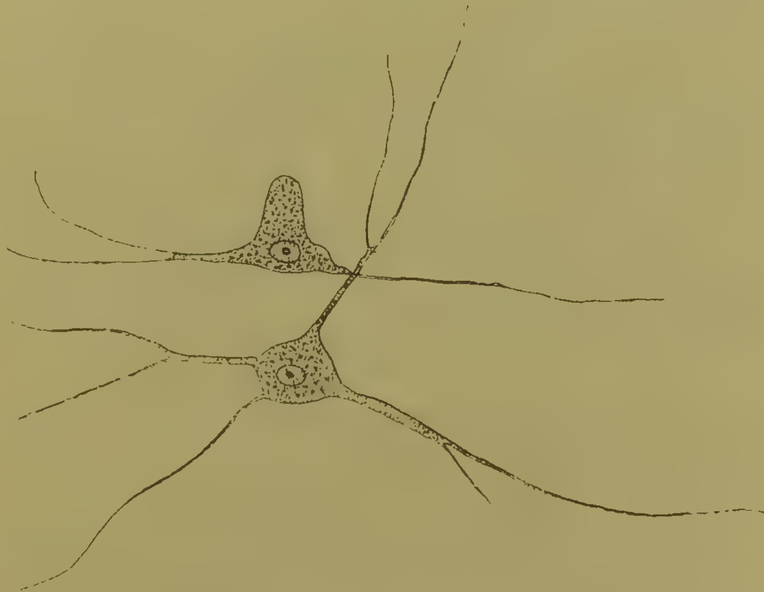
Die Elemente des Nervengewebes sind G a n g l i e n z e l l e n und N e r v e n f a s e r n. Die G a n g l i e n z e l l e n stufen sich von sehr kleinen Körperchen bis zu ansehnlichen Kugeln ab, welche im thierischen Körper nur noch von den Eiern an Grösse übertroffen werden und dementsprechend auch einen grossen, an das Keimbläschen erinnernden Kern besitzen. Man unterscheidet im W i r b e l t h i e r - k ö r p e r vornehmlich multipolare und bipolare Ganglienzellen. (Fig. 49.) Letztere gehen in 2 Fortsätze aus, welche zu Nervenfasern werden, sind somit Zellkörper, welche in den Verlauf einer Nervenfaser eingeschaltet sind. Bei den multipolaren Ganglienzellen sind zweierlei Ausläufer

vorhanden: die Dendriten oder Protoplasmafortsätze und die Nerven- oder Axencylinderfortsätze. Die Dendriten sind ausserordentlich reich verästelt und bilden dabei feinste Fäserchen, deren nervöse Natur früher allgemein angenommen wurde, in der Neuzeit aber von vielen Seiten bestritten wird. Die Nervenfortsätze, von denen gewöhnlich nur einer auf eine Ganglienzelle kommt, bleiben lange Zeit unverästelt; sie gehen dann entweder unverästelt in periphere Nervenfasern über, oder sie verästeln sich schliesslich noch in feine Nervenfibrillen.



Fig. 49. Multipolare Ganglienzelle des Menschen (nach Gegenbaur).

Bei den wirbellosen Thieren hat man lange Zeit nur apolare oder unipolare Ganglienzellen beschrieben, also Ganglienzellen mit keinem oder einem einzigen Fortsatz; beide sind physiologisch unverständlich. Denn die Wirkungsweise einer Ganglienzelle lässt sich nur dann begreifen, wenn ihr von einer Seite eine oder zahlreiche Erregungsbahnen zufliessen, während auf der anderen Seite ein Ausläufer zur weiteren Fortleitung dient. Wahrscheinlich waren bei den „apolaren Ganglienzellen“ sämmtliche, bei den „unipolaren Zellen“ die meisten Ausläufer durch eine ungeeignete Präparationsweise verloren gegangen. Neuere Untersuchungen haben diese Vermuthung weiter bestätigt, da multi- und bipolare Ganglienzellen bei Coelenteraten durch Isolation dargestellt (Fig. 50) und bei Crustaceen, Würmern durch Färbungsmethoden nachgewiesen sind.


Fig. 50. Ganglienzellen einer Actinie.

Die Nervenfasern sind ebenfalls bei den Wirbelthieren am besten Nervenfasern.

bekannt. (Fig. 51—53.) Das Grundelement derselben sind feinste Fädchen, die Nervenfibrillen, die sich durch den Mangel der Querstreifung von Muskelfibrillen, durch ihre grosse Verletzlichkeit von Bindegewebsfibrillen unterscheiden. Bei selbst guter Conservirung zeigen sie die Neigung zu verquellen und dabei feine Anschwellungen, die Varicositäten, zu bilden. Viele parallel verlaufende Nervenfibrillen bilden eine Nervenfaser, welche man die graue Nervenfaser nennt im Gegensatz zu einer zweiten Form, der weissen oder markhaltigen. Bei der markhaltigen Nervenfaser ist die Faser selbst, der Axencylinder, noch von einer Schicht Nervenmark oder Myelin umhüllt, einer fettähnlichen Substanz, die in Osmiumsäure stark geschwärzt wird, stark lichtbrechend ist und leicht zu mannichfach gestalteten Tropfen, den Myelintropfen, aus einander fliesst.



Fig. 51. Nervenfibrillen (ausHatschek).



Fig. 52. u. 53. Einfach contourirte (A) und doppelt contourirte (B) Nervenfasern, links ohne, rechts mit Schwann'scher Scheide und Kernen (aus Hatschek).

Marklose und markhaltige Nervenfasern können endlich noch von der Schwann'schen Scheide umhüllt sein. Dieselbe kommt allen Nervenfasern, welche ausserhalb von Hirn und Rückenmark verlaufen, zu und fehlt ebenso constant den Nervenfasern innerhalb des Centralorgans. Die Schwann'sche Scheide ist eine zarte, structurlose Hülle, in welcher von Strecke zu Strecke Kerne eingebettet sind; sie bildet in grösseren Abständen Einschnürungen, welche die Markscheide durchsetzen und bis zur Axenfaser vordringen (die Ranvier'schen Schnürringe).

Einfacheren Verhältnissen begegnen wir bei den wirbellosen Thieren. Hier sieht man gewöhnlich nur Nervenfibrillen, welche in grösserer oder geringerer Menge direct zur Bildung von Nerven zusammentreten. Seltener kommen auch hier Fibrillenbündel oder Nervenfasern vor; markhaltige Nervenfasern wurden bei den Anneliden und Arthropoden nachgewiesen; sie sind nur von einer dünnen Markschicht umhüllt.

Zusammenfassung der wichtigsten Punkte aus der Gewebelehre.

a. Zelle.

1. Das wichtigste Formelement aller Gewebe ist die Zelle.

2. Die Zelle ist ein Klümpchen Protoplasma, das entweder kernlos ist (Cytode) oder einen oder mehrere Kerne enthält (einkernige, vielkernige Zellen).

3. Der Kern bestimmt wahrscheinlich den specifischen Charakter der Zelle, indem er die Functionen derselben beeinflusst; demgemäss ist er auch Träger der Vererbung.

4. Zelle und Kern vermehren sich ausschliesslich durch Theilung oder Knospung.

5. Gewebe sind Complexe zahlreicher, histologisch gleichartig differenzirter Zellen. b. Gewebe.

6. Die histologische Differenzirung beruht zum Theil darauf, dass die Zellen eine bestimmte Form und Anordnung annehmen, zum Theil auf der Bildung von Plasmaproducten, welche den Charakter des Gewebes ausmachen (Muskelfibrillen, Bindegewebsfibrillen).

7. Nach der Function und der Structur unterscheidet man 1. Epithelien, 2. Bindesubstanzen, 3. Muskelgewebe, 4. Nervengewebe. c. Eintheilung der Gewebe.

8. Der functionelle Charakter der Epithelien ist darin gegeben, dass sie die Oberflächen des Körpers überziehen, ihr morphologischer Charakter darin, dass sie aus dicht gedrängten, nur durch Kitt verbundenen Zellen bestehen.

9. Nach ihrem weiteren functionellen Charakter theilt man die Epithelien in Drüsenepithelien (einzellige, vielzellige Drüsen), Sinnesepithelien, Keimepithelien, Deckepithelien.

10. Nach der Structur unterscheidet man einschichtige (cubische, cylindrische, Platten-Epithelien) und vielschichtige Epithelien, Geissel- und Flimmerepithelien, Epithelien mit oder ohne Cuticula.

11. Der physiologische Charakter der Bindesubstanzen beruht darauf, dass sie im Innern des Körpers die Zwischenräume zwischen anderen Geweben ausfüllen; der morphologische Charakter ist in der Anwesenheit der Intercellularsubstanz gegeben.

12. Nach der Masse und der Structur der Intercellularsubstanz theilt man die Bindesubstanzen ein in 1. zellige (spärliche Intercellularsubstanz) 2. homogene, 3. faserige Bindesubstanz, 4. Knorpel, 5. Knochen.

13. Der physiologische Charakter des Muskelgewebes ist in der gesteigerten Contractionsfähigkeit gegeben; der morphologische Charakter beruht darauf, dass die Zellen Muskelsubstanz ausgeschieden haben.

14. Nach der Beschaffenheit der Muskelsubstanz unterscheidet man glatte und quergestreifte Muskelfasern.

15. Nach dem Charakter und der Abstammung der Zellen (Muskelkörperchen) theilt man die Muskulatur in epitheliale (Epithelmuskelzellen, Primitivbündel) und bindegewebige (contractile Faserzellen).

16. Der physiologische Charakter des Nervengewebes beruht auf der Fortpflanzung der Sinnesreize und Willensimpulse und auf der Combination derselben zu einheitlicher seelischer Thätigkeit.

17. Die Leitung wird vermittelt durch Nervenfasern (marklose und markhaltige Fibrillen und Fibrillenbündel), die Combination der Reize durch Ganglienzellen (bipolare, multipolare Ganglienzellen).

18. Blut und Lymphe sind eiweisshaltige Flüssigkeiten; selten zellenlos enthalten sie entweder nur farblose amöboide Zellen (weisse Blutkörperchen, Leucocyten) oder neben diesen noch rothe Blutkörperchen.

19. Rothe Blutkörperchen finden sich vorwiegend nur bei Wirbelthieren und sind hier Ursache der Blutfarbe; sie fehlen den meisten wirbellosen Thieren.

20. Wenn wirbellose Thiere gefärbtes (rothes, gelbes) Blut haben, so ist die Ursache dazu meist im Blutplasma zu suchen.

21. Die rothen Blutkörperchen sind kernlos bei Säugethieren, kernhaltig bei allen übrigen Wirbelthieren.

3. Umbildung der Gewebe zu Organen.

Aus den Geweben bauen sich die Organe auf. Ein Organ kann man einen Gewebscomplex nennen, welcher gegen die übrigen Gewebe abgegrenzt ist und eine in sich abgeschlossene Gestalt angenommen hat, um eine einheitliche Function zu vollziehen. So ist der einzelne Muskel ein Organ, welches aus einer gewissen Menge von Muskelgewebe besteht, mit Scalpell und Scheere aus seiner Umgebung als ein zusammenhängendes Ganze herausgeschält werden kann und eine bestimmte Bewegung vermittelt.

Haupt- und Nebengewebe.

In jedem Organ ist ein Gewebe, welches die Function des Organs vermittelt und daher den physiologischen Charakter desselben ausschliesslich bestimmt. Wir wollen es das Hauptgewebe nennen, denn neben ihm können noch weitere Gewebe vorhanden sein, welche nur den Zweck haben, die Function des Hauptgewebes zu unterstützen oder zu ermöglichen, die Nebengewebe. Im Muskel der Wirbelthiere findet man ausser den Muskelfasern noch Bindesubstanz, welche als eine Art Cement die Muskelbündel unter einander verkittet, ferner Blutgefässe, welche zur Ernährung dienen, endlich Nerven, durch welche die Muskeln erregt werden. In der Leber des Menschen sind ebenfalls ausser den functionell wichtigsten Theilen, den Leberzellen, noch Blutgefässe, Nerven- und Bindesubstanz vorhanden. Derartige Nebengewebe pflegen im Allgemeinen nur bei einer hohen Entwicklungsstufe des Organs vorhanden zu sein, bei niederen Thieren können sie fehlen; so besitzt der Darm der Coelenteraten nur eine epitheliale Auskleidung, ihr Nervensystem besteht nur aus einem Strang von Nervenfasern und Ganglienzellen.

Für den dauernden Bestand eines Organs ist es von der grössten Bedeutung, dass seine Gewebe in Function erhalten werden. Die lebende Substanz unterscheidet sich von der unbelebten darin, dass, wenn sie auch durch den Gebrauch verzehrt wird, sie zugleich einen Ersatz erfährt, welcher mehr als hinreichend ist, um die Verluste zu decken. Functionirende Gewebe und Organe nehmen an Masse zu; functionslos gewordene Theile erfahren dagegen einen allmähligen Schwund, welcher schliesslich zu ihrem Untergang führt.

Functionswechsel der Organe.

Die zwei erörterten Momente, dass der Fortbestand der Gewebe anhaltende Uebung voraussetzt, und dass meist mehrere Gewebe in den Bau eines Organs eintreten, sind wichtig zum Verständniss des Princips des Functionswechsels, welches bei der Umbildung der Thierformen eine wichtige Rolle spielt. Es kann vorkommen, dass ein Organ unter veränderte Bedingungen gebracht wird und nicht mehr Gelegenheit hat, in der bisherigen Weise zu functioniren. Dann geht zwar allmäblig das functionirende Gewebe aus Mangel an Gebrauch zu Grunde, das Organ kann aber noch vermöge seiner Nebengewebe weiter existiren, wenn die neuen Bedingungen es ermöglichen, dass nun eines der Nebengewebe zur Function gelangen und dem Organ einen neuen physiologischen Charakter verleihen kann.

Ein Muskel z. B. kann aus sehr verschiedenen Ursachen functionslos werden. Wenn dann das Muskelgewebe schwindet, so bleibt zunächst noch die Summe der Hilfsgewebe, vor Allem das von Blutgefässen durchsetzte Bindegewebe übrig; es kann erhalten bleiben und ein

schützendes Band, eine Sehne oder Fascie liefern. Wir haben dann morphologisch dasselbe Organ, nur dass es seinen physiologischen Charakter geändert hat; der Muskel hat einen Functionswechsel erfahren und ist ein ligamentöser Strang geworden. Ein anderes Beispiel sind die Visceralbogen der Fische; dieselben sind ihrer ersten Bedeutung nach Träger der Kiemen; wenn nun die Kiemen beim Uebergang zum Landleben verloren gehen, so werden die Visceralbogen functionslos und bilden sich dementsprechend auch theilweise zurück; ein Theil aber erhält sich, weil er neue Functionen gewonnen hat, und liefert die Kiefer, das Zungenbein und die Gehörknöchelchen, welche trotz ihrer ganz anderen Functionen dieselben morphologischen Gebilde sind wie die Kiemenbogen.

Homologie u. Analogie.

In der Geschichte der Zoologie (Seite 11) haben wir gesehen, wie die vergleichende Anatomie dazu geführt wurde, homologe oder morphologisch gleichwerthige und analoge oder physiologisch gleichwerthige Organe zu unterscheiden, d. h. Organe, welche in gleichen Lagebeziehungen und gleichen Verbindungsweise auftreten, und Organe, welche dieselbe Function besitzen. Was wir hier über den Bau der Organe kennen gelernt haben, macht es verständlich, warum morphologischer und physiologischer Charakter sich nicht nothwendig decken, warum morphologisch gleichartige Organe verschiedene Functionen, morphologisch differente Organe dieselben Functionen haben können.

Organsysteme.

Organe, welche vollkommen gleichartig oder doch wenigstens in gleichem Sinne functioniren, können nun in demselben Körper in grösserer Menge vorkommen. Ein Mensch hat viele Muskeln, vielerlei Organe, welche die Verdauung unterhalten. Man fasst daher alle Organe, die im Körper gleichartig oder ähnlich functioniren, zu einer ideellen, höheren Einheit zusammen und spricht von Organsystemen. Man kennt im Ganzen 9 solcher Systeme: 1. Skeletsystem, 2. Verdauungssystem, 3. Respirationssystem, 4. Blutgefässsystem, 5. Nierensystem, 6. Genitalsystem, 7. Muskelsystem, 8. Nervensystem, 9. System der Sinnesorgane. Das Skelet kann bei vielen Thieren fehlen, die übrigen beim Menschen specialisirten Systeme können sich vereinfachen, so dass man nach den Grundfunctionen des Lebens folgende Organgruppen aufstellen kann: I. Organe der Ernährung (2—5), II. Organe der Fortpflanzung (6), III. Organe der Bewegung (7), IV. Organe der Empfindung (8 u. 9).

Vegetative und animale Organe.

Die Organe der Ernährung und Fortpflanzung (I u. II) fasst man als vegetative Organe, die übrigen als animale (III u. IV) Organe zusammen. Die älteren Zoologen wollten damit sagen, dass Ernährung und Fortpflanzung Functionen sind, welche in gleicher Weise Thieren und Pflanzen zukommen, dass dagegen Empfindung und Bewegung den Pflanzen fehlen und ausschliessliche Merkmale der Thiere bilden. Die in der Grundidee auf etwas Richtiges hinzielende Lehre bedarf nach unserem jetzigen Wissen einer wesentlichen Abänderung ihrer Fassung. Wir haben gesehen, dass das bei Pflanzen und Thieren vorkommende Protoplasma nicht nur die Fähigkeit sich zu ernähren und fortzupflanzen, sondern auch Bewegungsfähigkeit und Reizbarkeit besitzt. Letztere Eigenschaften können somit auch der gesammten Pflanze nicht vollkommen abgehen, wenn sie dem wichtigsten Bestandtheil derselben zukommen. In der That zeigen ja auch manche Pflanzen, wie die Mimosen, die Compasspflanze, grosse Reizbarkeit; viele niedere Pflanzen, die Fortpflanzungszustände der Algen, bewegen sich ebenso lebhaft oder noch lebhafter wie viele niedere Thiere. Umgekehrt giebt

es zahlreiche Thiere, welche im ausgebildeten Zustand wie die Pflanzen festgewachsen sind. Viele Protozoen und Würmer, die meisten Pflanzenthiere, einige Stachelhäuter, wie die Seelilien, ja sogar manche Krebse, die Cirripedien zeigen nur während der frühesten Entwicklungsstadien Ortsbewegung und sind später auf die Bewegung einzelner Körpertheile, der Arme, Tentakeln, Scheinfüsschen etc. beschränkt. Bei den Schwämmen sind sogar diese Einzelbewegungen so unbedeutend, dass sie mit unbewaffnetem Auge gar nicht und selbst mit Hilfe des Microscops nur schwierig nachgewiesen werden können.

Gleichwohl müssen die beiden Bezeichnungen: animal und vegetativ beibehalten werden; denn wenn auch Bewegung und Empfindung den Pflanzen nicht fremd sind, so sind sie doch im Pflanzenreich zu keiner hohen Ausbildung gelangt; man kann sogar sagen, dass sie mehr und mehr in den Hintergrund gedrängt werden, je höher sich die Pflanze entwickelt; umgekehrt entfalten sie sich im Thierreich zu ausserordentlicher Vervollkommnung und liegen der charakteristischen Erscheinungsweise desselben zu Grunde.

Vegetative Organe.

A. Organe der Ernährung.

Wenn wir den Begriff der Ernährung im weitesten Sinne fassen, so haben wir in diesem Abschnitte alle Einrichtungen zu besprechen, welche im thierischen Körper getroffen sind, um ihm zur Zeit der aufsteigenden Entwicklung das Wachsthum zu ermöglichen und auch später nach beendigtem Wachsthum den mit jeder Arbeitsleistung verbundenen Verlust an Spannkraft auszugleichen und dem Körper seine Leistungsfähigkeit zu bewahren. Bei jeder Arbeitsleistung werden organische Verbindungen oxydirt oder, wie man sich bildlich ausdrückt, verbrannt; Verbindungen, welche besonders reich an Kohlenstoff und verhältnissmässig arm an Sauerstoff sind, welche ausserdem Wasserstoff, meist auch Stickstoff und Schwefel enthalten, werden durch Zutritt von Sauerstoff zerlegt in Kohlensäure, Wasser und verschiedenerlei stickstoffhaltige Oxydationsproducte, wie Harnstoff, Harnsäure u. s. w. Ein Ausgleich wird herbeigeführt werden, wenn nicht nur das unbrauchbar gewordene entfernt, sondern auch für das verbrauchte Material von Sauerstoff und von kohlenstoffreichen Verbindungen Ersatzmaterial den Geweben geliefert wird.

Niedrig organisirte Thiere erledigen alle den Stoffwechselausgleich vermittelnden Processe mit Hilfe eines und desselben Organs, des Darmes; bei höheren Thieren ist dagegen eine Specialisirung eingetreten und sind besondere Einrichtungen getroffen für die vielerlei Einzelvorgänge, die in ihrer Gesammtheit das Bild der normalen Ernährung ausmachen. Zwischen niederen und höheren Thieren giebt es selbstverständlich Uebergänge, je nach dem die Specialisirung früher oder später Halt gemacht hat.

Verschiedene Organe der Ernährung.

Jeder Stoffwechsel beginnt mit der Zufuhr der geeigneten Nahrung; es müssen die festen und flüssigen Bestandtheile dem Körper einverleibt und verdaut, d. h. in einen Zustand übergeführt werden, in welchem

sie resorbirt und den Geweben zugeleitet werden können. Das Alles geschieht durch den mit Anhangsorganen, den verdauenden Drüsen, versehenen Darm, welcher zugleich auch alle unverdaut gebliebenen Massen (die Fäcalien) entfernt. Der Sauerstoff dagegen, gleichsam die gasförmige Nahrung, wird durch besondere Körpertheile, die Respirationsorgane, durch Kiemen oder Lungen aufgenommen. Der Sauerstoff und die verdauten und dadurch in gelösten Zustand übergeführten organischen und anorganischen Verbindungen müssen nun weiter im Körper vertheilt und nach Bedarf den functionirenden Organen und Geweben zugeleitet werden. Dazu sind die Blutgefässe oder die Circulationsorgane da, welche den Körper nach allen Richtungen hin durchsetzen. Die Gewebe bedürfen nun aber nicht allein der Zufuhr, sondern auch der Abfuhr. Die bei den Arbeitsleistungen entstehenden Oxydationsproducte, die Stoffe der regressiven Metamorphose, sind dem Organismus, wenn sie in ihm aufgehäuft werden, schädlich und zum Theil geradezu giftig. Damit sie entfernt werden können, werden sie ebenfalls vom Blutgefässapparat im gelösten Zustande aufgenommen und an die zur Ausscheidung oder Excretion bestimmten Stellen gebracht; das sind für die Flüssigkeiten die Nieren der Wirbelthiere, die Malpighi'schen Gefässe der Insekten, die Wassergefässe der Würmer, Einrichtungen, welche man sammt ihren Hilfsapparaten unter dem gemeinsamen Namen „Excretionsorgane" zusammenfasst. Excrete sind sehr wohl von Fäcalien zu unterscheiden; Excrete sind Stoffe, welche den Körper selbst, die Gewebe des Körpers, passirt haben und durch Oxydation unbrauchbar geworden sind, während die von Anfang an unbrauchbaren Theile, welche die Fäcalien bilden, strenggenommen niemals dem Körper angehört haben, sondern von den Geweben stets durch die Grenzschicht des Darmepithels getrennt geblieben sind. Das gasförmige Oxydationsproduct des thierischen Körpers, die Kohlensäure, wird aus dem Blutgefässapparat durch die Respirationsorgane entfernt. Indem in den Respirationsorganen ein Austausch der unbrauchbaren Kohlensäure gegen den zum Leben nöthigen Sauerstoff stattfindet, haben dieselben eine Doppelstellung und sind Excretionsorgane und Organe der Nahrungsaufnahme zugleich.

Nach diesem allgemeinen Ueberblick müssen wir noch auf die einzelnen Organsysteme etwas genauer eingehen.

I. Darm.

Archenteron oder Urdarm.

Da die Nahrungsaufnahme und Assimilation die für die Erhaltung des Thieres wichtigsten Functionen sind, ist es begreiflich, dass der Darm von allen Organen zuerst in der Thierreihe auftritt und sich auch entwicklungsgeschichtlich fast überall am frühesten anlegt. An diesem Satz wird dadurch nichts geändert, dass manche Würmer und Krebse keinen Darm besitzen; denn für dieselben können wir mit Bestimmtheit sagen, dass sie durch Anpassung an besondere Lebensverhältnisse, vornehmlich in Folge von Parasitismus (vergl. S. 133) den Darm verloren haben. Gewöhnlich sind die niedrigst organisirten, vielzelligen, frei lebenden Thiere einfache oder verzweigte Darmschläuche, welche nur eine einzige als Mund und After functionirende Oeffnung besitzen. (Fig. 54 S. 82) Ein derartiges Thier hat nothwendigerweise 2 epitheliale Schichten, von denen die eine den Darm auskleidet, die andere die Körperoberfläche bedeckt. Diese beiden fundamentalen Zellenschichten, welche mit Ausnahme der

rückgebildeten Thiere überall wiederkehren, nennen wir Entoderm und Ectoderm. Der von Entoderm ausgekleidete primitive Darm heisst der Urdarm oder das Archenteron; er bildet bei Medusen und Polypen den gesammten Darm Bei den meisten Thieren jedoch erfährt der Darm eine Vergrösserung, indem Theile der Körperoberfläche, des Ectoderms, sich einstülpen.

Stomodaeum und Proctodaeum. Schon bei vielen Coelenteraten und niederen Würmern entsteht eine Einstülpung am vorderen Ende des Darmrohres und liefert den ectodermalen Vorderdarm oder das Stomodaeum (Fig. 55). Von den



Fig. 54. Längsschnitt durch den Fresspolypen einer Siphonophore (nach Haeckel). *o* Mundöffnung, *en* Entoderm, *ek* Ectoderm.



Fig. 55. Microstomum caudatum in Theilung. *a* ectodermaler Anfangsdarm bei *a'* für das hintere Thier neugebildet, *m* blindgeschlossener entodermaler Mitteldarm, *e* ectodermales Flimmerepithel, *g* Ganglion mit Flimmergrube *f*, *w* Wassergefässcanal, *g'* Ganglion des hinteren Thieres.

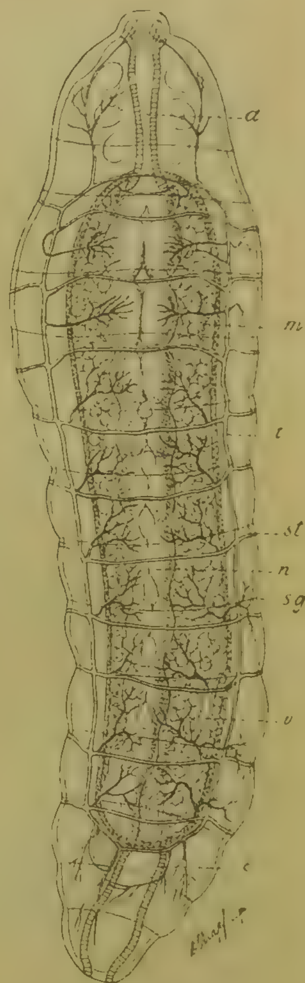


Fig. 56. Bienenlarve kurz nach dem Ausschlüpfen von der ventralen Seite gesehen; Darm aus 3 Abschnitten, *a* Anfangsdarm, *m* Mitteldarm, *e* Enddarm (mit dem Mitteldarm noch nicht verbunden), *sg* Segmentgrenzen, *st* Stigmen, *t* Tracheen, *n* Bauchmark (nach Bütschli).

höheren Würmern an gesellt sich dazu eine zweite Einstülpung am hinteren Ende, der ebenfalls ectodermale Enddarm oder das Proctodaeum (Fig. 56); dieser legt sich entwicklungsgeschichtlich als ein Blindsack an dessen geschlossenes Ende an den ebenfalls geschlossenen hinteren Abschnitt des Archenteron, nunmehr auch Mesenteron oder Mitteldarm

genannt, angrenzt, bis die Scheidewand schwindet, wodurch Mittel- und Enddarm mit einander communiciren und der Darm zu einem den ganzen Körper durchsetzenden Canal wird.

Der Antheil, welchen das Archenteron im Vergleich zu dem ectodermalen Proctodaeum und Stomodaeum am Aufbau des Gesammtdarms nimmt, ist nach den einzelnen Thierstämmen sehr verschieden. Den grössten Contrast bilden die Insecten einerseits, die Wirbelthiere andererseits; die Insecten haben einen sehr kurzen Mitteldarm und somit lange, vom Ectoderm gelieferte Darmstrecken des Vorder- und Hinterdarms; bei den Wirbelthieren sind umgekehrt die ectodermalen Darmstrecken äusserst kurz.

Theile und Anhänge des Darms.

Die Weite des Lumens wechselt im Verlaufe des Darmkanals und ermöglicht die Unterscheidung verschiedener Abtheilungen, welche man in der Thierreihe so weit als möglich mit einer einheitlichen Nomenclatur versehen hat. Die von einem Vogel entnommene Abbildung der Figur 57 möge zur Erläuterung der üblichen Bezeichnungen dienen. An die Mundöffnung schliesst sich ein weiter Raum an, welcher häufig in einen vorderen Abschnitt, die Mundhöhle, und einen hinteren, den Pharynx abgetheilt ist. Eine nun folgende enge Röhre ist die Speiseröhre oder der Oesophagus (a); sie kann stellenweise erweitert sein oder eine beutelartige Ausstülpung zur provisorischen Aufnahme der Nahrung tragen, den Kropf oder Ingluvies (b). Vom Oesophagus tritt die Nahrung in eine ansehnliche Erweiterung, den Magen. Die Vögel wie viele andere Thiere haben einen doppelten Magen, eine mit Drüsen ausgerüstete dünnwandige Abtheilung und eine zweite Abtheilung, deren Wände durch dicke Muskelmassen ausgezeichnet sind; erstere ist der Drüsenmagen (c), letztere der zur Zerkleinerung der Nahrung dienende Kaumagen (d). Nach dem Magen verengt sich das Darmrohr zum Dünndarm (h), zu dem als letzter Abschnitt der wiederum verbreiterte Dickdarm (l) kommt. Die Grenze von Dünn- und Dickdarm ist häufig durch Blinddärme, die Coeca (k) bezeichnet. Verbindet sich mit dem Afterdarm noch die Ausmündung der Niere (m) und des Geschlechtsapparats (n), so nennt man den kurzen sowohl zur Abfuhr von Harn und Fäcalien, wie zur Ausleitung der Geschlechtsproducte dienenden Endabschnitt Cloake (o).

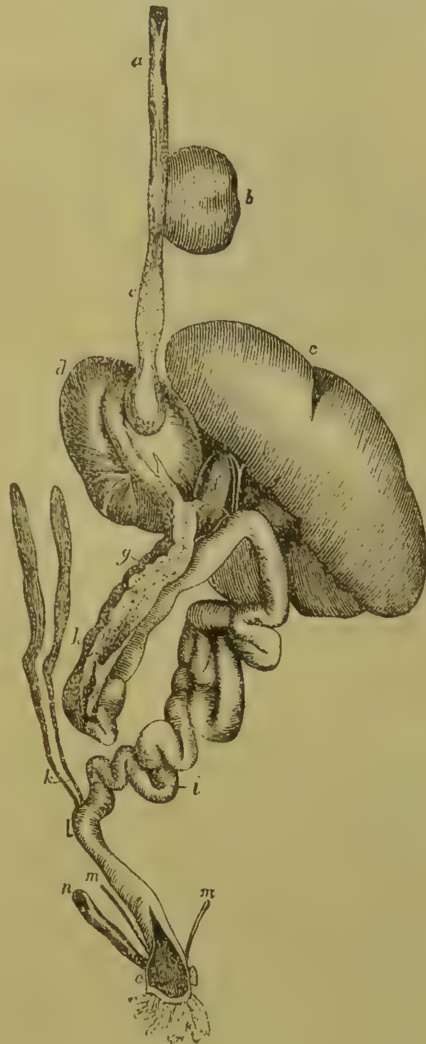


Fig. 57. Darm des Haushuhns. *a* Oesophagus, *b* Kropf, *c* Drüsenmagen, *d* Kaumagen, *e* Leber, *f* Gallenblase, *g* Pancreas, *h* und *i* Dünndarm, *k* Blindsäcke, *l* Dickdarm, *m* Ureteren, *n* Eileiter, *o* Cloake.

Bei Thieren, welche reichlichere Nahrung zu sich nehmen, genügt der Darmraum nicht, um die Verdauungssäfte zu liefern, so dass Aus-

stülpungen der Darmwand oder Drüsen zur Aushilfe dienen müssen. In die Mundhöhle münden die Speicheldrüsen, in den Anfangstheil des Dünndarmes dicht hinter dem Magen die Leber (e) und das Pancreas (g), (oder ein einheitlicher Drüsenapparat, dessen Secret die Eigenschaften der Galle und des Pancreassaftes in sich vereinigt, das Hepatopancreas). An dem Enddarm endlich finden sich ab und zu Drüsen, welche ein stinkiges Secret liefern, die Analdrüsen. — Die Länge des Darmrohrs wird vornehmlich von der Art der Nahrung beeinflusst. In vielen Thierabtheilungen kehrt ein Unterschied zwischen Pflanzen- und Fleischfressern wieder, indem erstere einen sehr viel längeren und in Folge dessen in viele Windungen gelegten Canal haben. Der Darm eines Raubthiers misst etwa das 4—5fache der Länge des Körpers, der Darm eines pflanzenfressenden Wiederkäuers dagegen das 20- bis 28fache. Aehnlich, wenn auch nicht so gross, sind die Unterschiede zwischen Raubkäfern und pflanzenfressenden Käfern.

II. Respirationsorgane.

Der Sauerstoff, welchen jedes Thier aufnehmen muss, um ihn gegen die in den Geweben entstandene Kohlensäure einzutauschen, stammt entweder aus der Luft oder aus dem Wasser, je nachdem das Thier ein Land- oder Wasserbewohner ist. Seltener geschieht es, dass Wasserbewohner Luft athmen und dadurch gezwungen werden, zeitweilig an die Oberfläche des Wassers aufzusteigen, um Luft zu schöpfen; das gilt für die im Meere lebenden grossen Säugethiere und für viele im Süsswasser verbreitete Insecten, Spinnen und Schnecken. Luft- und Wasserathmung wird ausschliesslich durch die Haut besorgt, so lange diese zart und leicht durchgängig ist und so lange keine höhere Entfaltung der Organisation einen lebhafteren Stoffwechsel verursacht. Ist das Sauerstoffbedürfniss dagegen ein grösseres, so finden sich noch besondere Athmungsorgane, die Kiemen für die Wasserathmung, die Lungen und Tracheen für die Luftathmung, neben denen dann noch immer die Haut als ein Hilfsorgan von grösserer oder geringerer Bedeutung thätig ist.

Kiemen. Die Kiemen sind meist dünnwandige Partieen der Haut, welche von Blutgefässen besonders reich versorgt werden und, um für den Gasaustausch eine möglichst grosse Oberfläche zu bieten, zu reich verästelten buschartigen Anhängen oder breiten Blättern emporgewachsen sind; sie liegen an solchen Stellen, welche mit frischem Wasser am meisten in Berührung kommen: bei den Krebsen z. B. an den in beständiger Bewegung begriffenen und neues Wasser herbeistrudelnden Beinen (Fig. 58), bei schwimmenden Würmern am Rücken, bei röhrenbewohnenden Würmern (Fig. 59) am vorderen, aus der Röhre herausragenden Körperende, bei den meisten Amphibien zu beiden Seiten des Kopfes. Seltener dient der Darm zur Wasserathmung: bei den Fischen und den Tunicaten ist der Vorderdarm zur Kieme geworden, indem seine Seitenwandungen von den Kiemenspalten durchbohrt werden, welche auf der Oberfläche des Körpers nach aussen münden. Durch die Kiemenspalten tritt sauerstoffhaltiges Wasser aus und ein und bespült die hier angebrachten reichlich mit Blutgefässen versorgten Kiemenblättchen. Auch der Enddarm kann bei manchen Fischen, Insecten und Würmern als ein Hilfsapparat der Athmung verwandt werden, indem er sich von Zeit zu Zeit mit frischem Wasser füllt.

Bei den Luft athmenden Thieren begegnen wir ebenfalls den beiden Möglichkeiten, dass die Athmungsapparate vom Darm oder von der Haut ausgehen. Bei den Wirbelthieren ist das erstere der Fall, indem die die Athemluft enthaltenden Lungen hier direct oder durch Vermittelung von Trachea und Bronchien mit dem Darmrohr in Verbin-

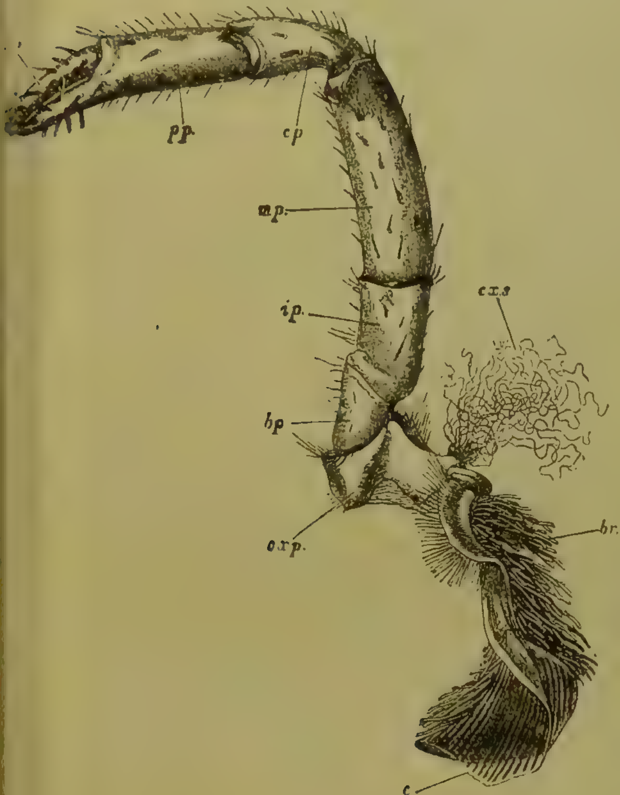


Fig. 58. Zweiter linker Fuss eines Flusskrebses mit anhängender Kieme *br* (nach Huxley). *cxp* Coxopodit, *bp* Basipodit, *ip* Ischiopodit, *mp* Meropodit, *cp* Carpopodit, *pp* Propodit, *dp* Dactylopodit, *cxs* Coxopoditborsten, *e* Lamina der Kieme.



Fig. 59. Vorderes Ende von Terebella nebulosa (nach Milne Edwards). *ph* Pharynx, *v.d* dorsales, *v.v* ventrales Blutgefäss, *br* Kiemen, *t* Tentakeln.

dung stehen. Wendet man dagegen den Ausdruck „Lunge" bei wirbellosen Thieren an, so handelt es sich stets um eingestülpte Luftsäcke der Haut, und ebenso sind die Tracheen der Insecten Luftröhren, welche an der Oberfläche des Körpers mit Luftlöchern oder Stigmen beginnen und sich im Innern verzweigen (Fig. 56 st).

Im Allgemeinen lässt sich somit ein Gegensatz zwischen den Wirbelthieren und den Wirbellosen constatiren; bei jenen dient zur Luft- und Wasserathmung der Darm oder Anhangstheile desselben, bei diesen dagegen die Haut. Von Seiten der Wirbelthiere sind als Ausnahmen nur die meisten Amphibien und einige Fische (Protopterus) zu nennen, bei denen die Kiemen büschelförmige Hautanhänge sind (Fig. 4 u. 5, S. 28); unter den Wirbellosen dagegen nehmen die mit einem Kiemendarm versehenen Tunicaten und Enteropneusten eine besondere Stellung ein.

III. Circulationsapparat.

Damit der durch die Athmungsorgane aufgenommene Sauerstoff und die im Darm verdauten Nahrungsbestandtheile ihr Endziel, die Gewebe, erreichen, bedarf es keiner besonderen Organe, so lange als **Gastrovascularsystem.**

der Körper nur aus 2 dünnen Epithellagen, dem Ectoderm und Entoderm, besteht. Wenn zwischen dieselben sich eine dritte mittlere Gewebeschicht, das Mesoderm, einschiebt und dadurch der Körper voluminöser wird, so werden dagegen meist Einrichtungen für die Nahrungsvertheilung getroffen. Am einfachsten wird letztere erreicht, wenn der Darm die Beschaffenheit eines geraden Rohres aufgiebt und sich verästelt, um mit seinen Verzweigungen die einzelnen Körperprovinzen aufzusuchen. Man spricht dann von einem Gastrovascularsystem, weil der Darm selbst die Function und die verzweigte Anordnung gewinnt, welche sonst den Gefässen, den „Vascula", eigenthümlich ist. (Fig. 60.)

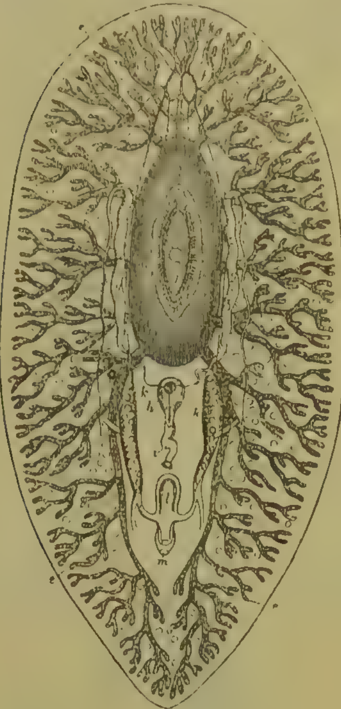


Fig. 60. Leptoplana tremellaris. *a* Mund, *b* Mundhöhle, *c* Oeffnung des Schlundkopfs in die Mundhöhle, *d* ectodermaler Schlundkopf, *e* verästelter entodermaler Darm, *f* Ganglien, *g* Hoden, *h* Samenblase, *k* Uterus, *l* Receptaculum seminis, *m* weibliche Genitalmündung.

Coelom.

Zur Nahrungsvertheilung kann auch die Leibeshöhle oder das Coeloma dienen, ein weiter, die meisten vegetativen Organe in sich beherbergender Hohlraum, der von einer besonderen Membran, dem Bauchfell oder Peritoneum, oder wenigstens von einem eigenen Epithel ausgekleidet wird und zwischen Darm und Körperwand eingeschoben ist. Die Leibeshöhle ist wahrscheinlich nur eine Fortbildung des Gastrovascularsystems. Denn durch entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen hat sich schon für zahlreiche Leibeshöhlenthiere beweisen lassen, dass das Coelom durch Ausstülpung vom Darm entsteht und somit nur ein abgeschnürter Theil desselben, ein selbständig gewordener Darmdivertikel ist.

Herz, Arterien, Venen, Capillaren.

Die vollkommenste Art der Nahrungsvertheilung wird endlich durch die Blutgefässe vermittelt, welche daher auch den höheren Thierstämmen allgemein zukommen, gleichgiltig ob daneben noch eine Leibeshöhle vorhanden ist oder nicht. (Fig. 61.) Blutgefässe sind Röhren mit flüssigem Inhalt, welche von den Athmungsorganen aus den Sauerstoff, vom Darm aus die assimilirte Nahrung aufnehmen und sie später an die Gewebe wieder abgeben. Da ein solcher Stoffaustausch voraussetzt, dass die Blutflüssigkeit in den Gefässen circulirt, so sind bestimmte Theile der Blutbahn contractil; sie sind mit Muskeln bedeckt, welche durch ihre Contraction die Röhren verengen und die Flüssigkeit vorwärts treiben. Bei niederen Formen sind weite Strecken der Blutbahn contractil; bei höheren wird eine grössere Regelmässigkeit der Circulation erreicht, indem nur ein bestimmter, be-

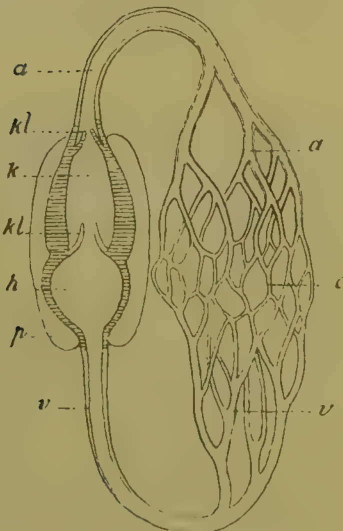


Fig. 61. Schema der Blutcirculation, *a* Arterie, *c* Capillaren, *h* Vorkammer, *k* Kammer, *kl* Klappen, *p* Pericard, *v* Venen.

sonders muskulöser Theil der Blutbahn, das Herz, die Blutmasse fortbewegt.

Eine freie Bewegung des Herzens ist nur dann möglich, wenn dasselbe von den angrenzenden Geweben losgelöst und in einen besonderen Hohlraum eingebettet ist (Fig. 61). Daher sehen wir, dass stets das Herz entweder frei in der Leibeshöhle lagert oder in einen besonderen Beutel, in das Pericard oder den Herzbeutel (wohl überall einen selbständig gewordenen Theil der allgemeinen Leibeshöhle), eingebettet ist (*p*). Minder wichtig als das Auftreten des Pericards ist für die Thätigkeit des Herzens die Sonderung desselben in einen das Blut aufnehmenden Theil, den Vorhof (*h*), und einen das Blut austreibenden Theil, die Kammer (*k*); daher ist denn keineswegs diese Sonderung überall durchgeführt Besondere Einrichtungen des Herzens sind noch die Klappen (*kl*), welche an den Grenzen der Herzabschnitte angebracht sind und durch ihren Verschluss verhindern, dass das Blut in einen Herzabschnitt zurückströmt, wenn die Wandungen desselben nach beendigter Contraction erschlaffen.

Für ein gutes Functioniren der Blutgefässe ist ausser der Circulation noch nothwendig, dass die ernährenden Stoffe leicht aufgenommen und an die Gewebe wieder abgegeben werden können. Der betreffende Abschnitt der Blutbahn muss durchgängig sein, im Körper sich weit verbreiten und eine für sein Lumen grosse Oberfläche besitzen. Diesen Anforderungen genügen die Haargefässe oder die Capillaren (*c*), äusserst feine und dünnwandige Gefässe, welche alle Organe umspinnen und durchsetzen. Durch ihre häufig nur von einer zarten Epithellage gebildeten Wandungen hindurch können die Eiweissstoffe zur Ernährung an die Gewebe abgegeben und der Sauerstoff gegen die Kohlensäure ausgetauscht werden. Zwischen dem Herzen und den Capillaren besteht somit entsprechend ihrer verschiedenen Function der denkbar grösste Unterschied im Bau; sie müssen daher durch besondere, einen Uebergang vermittelnde Gefässe verbunden werden, Gefässe, welche dickwandig und gross am Herzen beginnen und durch Verästelung und Verdünnung ihrer Wand allmählig in die Capillaren übergehen; solcher Gefässe giebt es zwei Arten, die in den Capillarbezirk einleitenden festeren Arterien (*a*) und die nach dem Herzen zurückleitenden dünnwandigeren Venen (*v*).

Correlation von Athmungsorganen und Blutgefässen.

Bei allen Thieren hat sich als Gesetz herausgestellt, dass das Blutgefässsystem in seiner Anordnung und seinem Bau mehr von der Respiration beeinflusst wird als von der Nahrungsaufnahme im engeren Sinne; es besteht eine Correlation zwischen Respirations- und Circulationsorganen. Die Correlation drückt sich zunächst darin aus, dass man einen doppelten Capillarbezirk unterscheiden muss, ausser dem schon erwähnten Körpercapillarbezirk noch den respiratorischen Capillarbezirk, dessen ausschliessliche Aufgabe es ist, die Kohlensäure aus dem Blut zu entfernen und den Sauerstoff ihm zuzuführen (Kiemen- und Lungencapillaren). Zweierlei Capillarbezirke machen auch zweierlei Arterien und Venen nöthig, Körperarterien und Körpervenen, respiratorische Arterien und respiratorische Venen. Dies erläutert das umstehende Schema vom Blutkreislauf des Fisches. (Fig. 62.) Aus dem Capillarbezirk der functionirenden Gewebe des Körpers führen Venen nach dem Vorhof des Herzens; vom Vorhof strömt das Blut in die Herzkammer und durch die Kiemenarterien weiter in die respiratorischen Kiemencapillaren. Von diesen wird es durch die Kiemenvenen

abgeleitet, die sich zu einem einzigen starken Stamm vereinigen, welcher seinerseits sich wiederum verästelt, um in den Capillarbezirk des Körpers überzugehen. Da die Verästelungen des durch die Kiemenvenen gebildeten Hauptstammes wieder in einen Capillarbezirk einleiten, muss man sie, wie den Hauptstamm selbst, Arterien nennen.

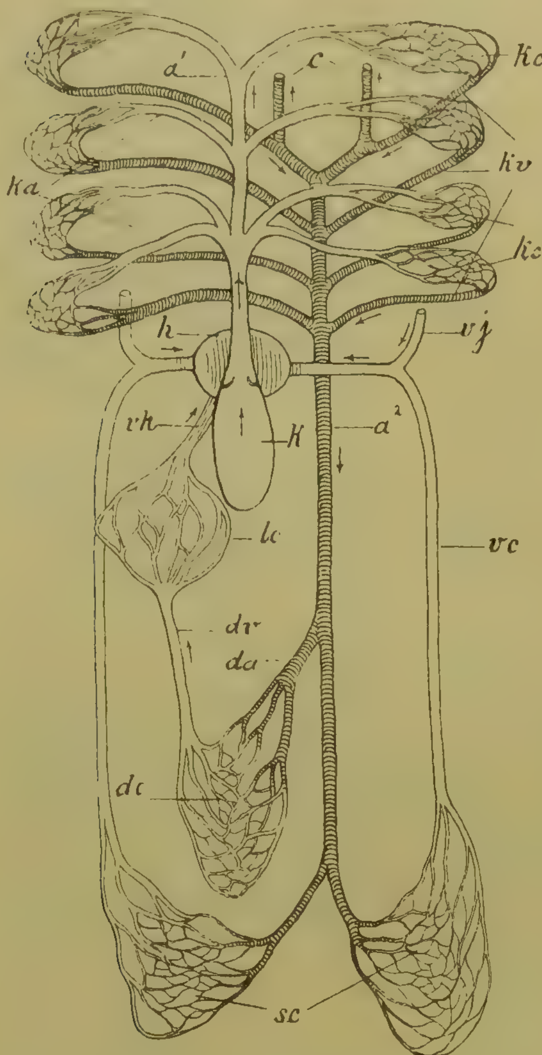


Fig. 62. Schema für den Blutkreislauf der Fische, a^1 aufsteigende Aorta mit den Kiemenarterien (*ka*), a^2 die aus den Kiemenvenen (*kv*) sich sammelnde absteigende Aorta, *h* Herzvorkammer, *k* Herzkammer, *vj* Vena jugularis, *vc* Vena cardinalis, *vh* Vena hepatica (cava inferior), *da* Darmarterien, *dv* Darmvenen, *lc* Lebercapillaren.

Arterielles und venöses Blut.

Während das Blut seinen Kreislauf durch den Körper beschreibt, ändert es zweimal seine chemische Beschaffenheit und demgemäss auch seine Farbe. Das Blut, welches aus dem Körpercapillarbezirk abfliesst, hat seinen Sauerstoff an die Gewebe abgegeben, Kohlensäure dafür von ihnen eingetauscht und eine dunkelrothe Farbe angenommen. Diesen Charakter behält es bis in die Kiemencapillaren bei, wo es wieder unter Abgabe der Kohlensäure sauerstoffhaltig wird und sich hellroth färbt.

Die verschiedene Beschaffenheit des Blutes kannte man zuerst von den Arterien und Venen des Körperkreislaufs und nannte das dunklere, kohlensäurehaltige Blut v e n ö s, das hellrothe, sauerstoffhaltige dagegen a r t e r i e l l, da ersteres in den Venen, letzteres in den Arterien fliesst. Diese Ausdrücke sind, wie aus dem oben gegebenen Schema ersehen werden kann, durchaus ungeeignet, weil sie leicht zu der falschen Auffassung führen, als ob Venen immer kohlensäurehaltiges Blut und Arterien immer sauerstoffhaltiges Blut führen müssten. Dem gegenüber lehrt das Schema, dass im respiratorischen Kreislauf (kleinen Kreislauf) die Verhältnisse umgekehrt sein müssen wie im Körperkreislauf, indem die Arterien hier „venöses“, die Venen dagegen „arterielles“ Blut enthalten.

Geschlossenes und offenes Blutgefässsystem.

Ein Blutgefässsystem, wie wir es bisher besprochen haben, nennen wir ein g e s c h l o s s e n e s, weil das Blut stets in besonderen, mit eigenen Wandungen ausgerüsteten Röhren fliesst. Dem geschlossenen steht das o f f e n e B l u t g e f ä s s s y s t e m gegenüber; hier verlieren die Blutgefässe nach einiger Zeit den Charakter von Röhren und werden zu weiten Hohlräumen, welche ohne besondere Wandungen sich zwischen die Eingeweide und Organe einschieben. Ein solcher Hohlraum ist namentlich öfters in der Leibeshöhle gegeben.

Das beste Beispiel eines offenen Blutgefässsystems liefern die Insecten und Tausendfüsse, welche nur das Herz und ganz kurze Arterienstämme besitzen; aus den Enden der Arterienstümpfe tritt das Blut in die Leibeshöhle, aus der Leibeshöhle wieder in das Herz zurück. (Fig. 63.) Innerhalb des Stammes der Arthropoden und der Mollusken sind zwischen einem so extremen Fall von offenem Blutgefässsystem und dem fast völlig geschlossenen alle Uebergänge vorhanden. Hier offenbart sich auf's Neue die engste Correlation der Circulations- und Respirationsorgane, und zwar kommt den letzteren der bestimmende Einfluss zu. Wenn die Athmung diffus über oder durch den Körper verbreitet ist und die Vertheilung des Sauerstoffs ohne besondere Gefässe von selbst sich regelt, ist der Circulationsapparat sehr einfach; er wird dagegen differenzirt in Herz, Arterien, Venen und Capillaren, wenn die Athmung an bestimmte beschränkte Stellen geknüpft ist und eine regelmässige Vertheilung des Sauerstoffs nöthig wird. Man vergleiche hierüber das Genauere bei Crustaceen, Spinnen und Insecten.

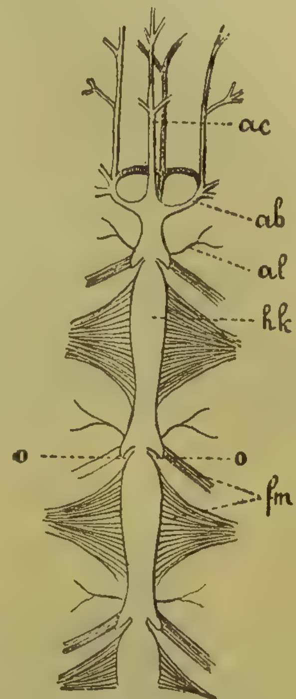


Fig. 63. Vorderes Ende des Herzens von Scolopendra (aus Lang nach Newport). *hk* Herzkammern mit Flügelmuskeln (*fm*) und seitlichen Spaltöffnungen (*o*); *ab*, *ac*, *al* vom Herzen ausgehende Arterien, die das Blut in die Leibeshöhle ergiessen.

Lymphgefässe.

Ein besonderer Abschnitt des Blutgefässapparats ist endlich das nur bei Wirbelthieren vorkommende Lymphgefässsystem. Im Capillarbezirk des Körpers können Eiweissstoffe wohl in die Gewebe übertreten, ein etwaiger Überschuss kann aber selbstverständlich wegen des in den Capillaren herrschenden höheren Druckes nicht auf dem gleichen Wege wieder in die Blutgefässe zurückgelangen. Dieser Ueberschuss wird durch die Lymphgefässe in die Venen zurückgeführt. Die Lymphgefässe beginnen mit den Gewebslücken, aus denen sie sich erst allmählig zu Gefässen mit deutlichen Wandungen herausbilden. Besonders wichtig werden die Lymphgefässe des Darms, indem sie während der Verdauung sich mit den Eiweiss- und Fettbestandtheilen der verdauten Nahrung beladen; man nennt sie Chylusgefässe, weil dann ihr Inhalt, der Chylus, sich durch seine milchige Färbung von gewöhnlicher Lymphe unterscheidet.

Kalt- und Warmblüter.

Im Anschluss an das Blutgefässsystem mögen noch zwei Ausdrücke Erläuterung finden, welche in Laienkreisen viel angewandt, meist aber nicht richtig verstanden werden: Kaltblüter und Warmblüter, oder wie es richtiger heissen sollte, wechselwarme und eigenwarme Thiere. Unter wechselwarmen (poikilothermen) oder kaltblütigen Thieren verstehen wir Formen, deren Temperatur vollkommen von der Temperatur der Umgebung abhängig ist und mit derselben steigt und fällt, meist aber wenige Grade mehr als dieselbe beträgt. In unseren Klimaten, wo die Temperatur wesentlich niedriger ist als unsere eigene Blutwärme, werden solche Thiere, w. z. B. die Frösche, auf unser Gefühl einen erkältenden Eindruck machen, da sie namentlich in der kühlen Jahreszeit eine viel geringere Körpertemperatur besitzen als wir.

Als Warmblüter oder eigenwarme (idiotherme, homoiotherme) Thiere bezeichnet man dagegen Thiere, welche unter allen Verhält-

nissen immer nahezu dieselbe Temperatur beibehalten. Der Mensch hat im Sommer und Winter, unter dem Aequator und am Nordpol stets annähernd eine Temperatur von 36 ° C. und zeigt nur im Fieber höhere Temperaturen. Um eine constante Temperatur gegenüber wechselnden äusseren Wärmeverhältnissen aufrecht zu erhalten, muss ein Thier die Wärmesteuerung besitzen; es muss die Fähigkeit haben, die Wärme seines Körpers zu reguliren, einerseits durch Reguliren der Wärmeproduction, andererseits durch Reguliren der Wärmeabgabe. Ist die Umgebung höher erwärmt, als die Körpertemperatur beträgt, so muss zunächst die Wärmeproduction auf das geringste mit den Lebensprocessen vereinbare Maass beschränkt werden; da dies aber nicht genügt, so muss ausserdem durch Verdunstung auf der Körperoberfläche, wie sie namentlich durch starkes Schwitzen herbeigeführt wird, die Wärmeabgabe gesteigert werden. Ist die Umgebung dagegen kühl, so muss umgekehrt jede unnöthige Wärmeabgabe vermieden, die Wärmeproduction dagegen gesteigert werden. Es ist klar, dass die Idiothermie, indem sie complicirte Einrichtungen voraussetzt, nur bei höher organisirten Thieren vorkommen kann.

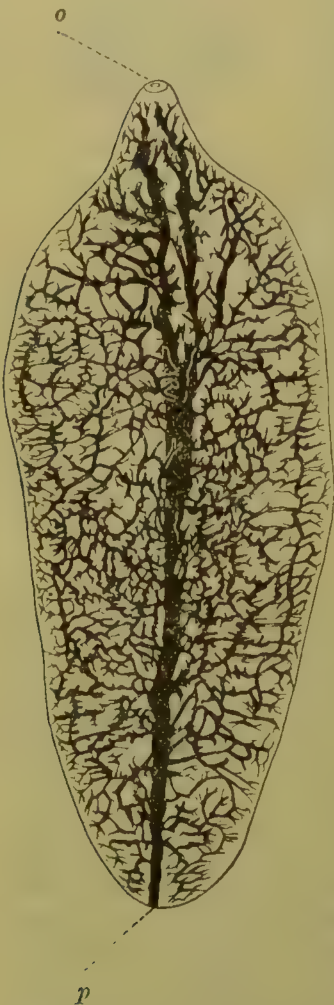


Fig. 64. Distoma hepaticum mit Wassergefässsystem. *p* Porus excretorius, *o* Mundöffnung (aus Hatschek).

IV. Excretionsorgane.

Die Excretionsorgane sind Röhren oder Drüsencanäle, welche direct oder durch Vermittelung des Enddarms (Cloake) auf der Körperoberfläche münden und unbrauchbar gewordene Stoffe nach aussen befördern. Für ihren Bau ist es von Wichtigkeit, ob eine Leibeshöhle vorhanden ist oder nicht, wie am schönsten der Stamm der Würmer erkennen lässt. Bei den Würmern kommen zwei Arten von Excretionsorganen vor, die Wassergefässe und die Schleifencanäle (auch Segmentalorgane genannt); erstere finden sich bei den parenchymatösen Würmern, letztere bei den Würmern, welche eine Leibeshöhle besitzen. Die Wassergefässe (Protonephridien) beginnen mit einem geschlossenen Netz von kleinen an Capillaren erinnernden Canälen und vereinigen sich zu einigen wenigen Hauptstämmen, welche meist gemeinsam nach aussen münden und dabei in vielen Fällen eine Art Harnblase erzeugen, deren kräftige Contractionen das Excret austreiben. (Fig. 64.) Ausserdem sind die feinen Gefässnetze mit Blindsäcken ausgerüstet, deren Enden behufs Fortbewegung des Inhalts lebhaft schlagende Wimperbüschel, die „Flimmerläppchen“, tragen. (Fig. 65.)

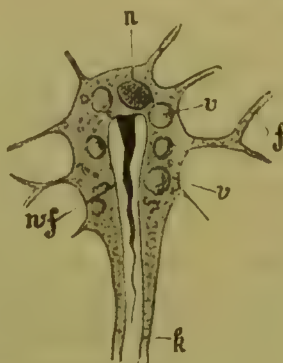


Fig. 65. Blindes Ende eines feinsten Wassergefässcanals (*k*) einer Turbellarie (aus Lang), *n* Kern, *f* Fortsätze der Endzelle, *wf* Flimmerläppchen der Endzelle, *v* Vacuolen.

Die Schleifencanäle oder Segmentalorgane (Nephridien) (Fig. 66) sind einfache, an beiden Enden geöffnete Röhren; die eine Oeffnung führt nach aussen, die andere communicirt mit der Leibeshöhle; zwischen beiden Oeffnungen verläuft ein drüsiger, in viele Windungen gelegter Canal. Die Mündung nach der Leibeshöhle wird durch eine mit starken Flimmern bedeckte, trompetenartige Erweiterung des Canals, welche Flimmertrichter heisst, bewirkt. Auf solche Schleifencanäle sind wahrscheinlich die Excretionsorgane der Crustaceen und sicher die Nieren

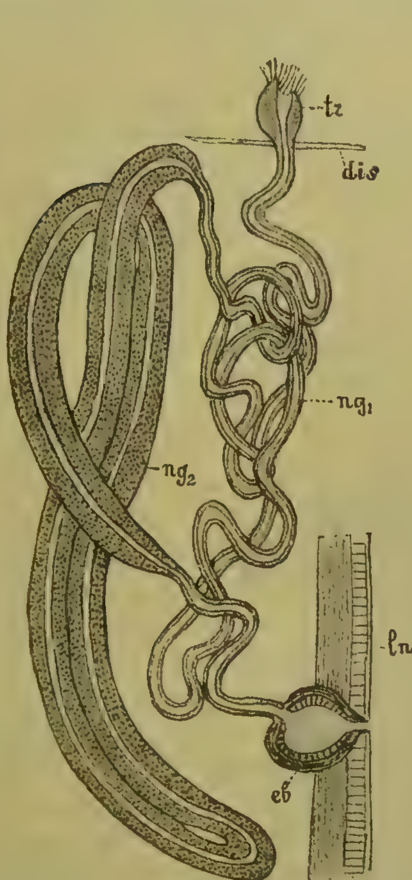


Fig. 66. Segmentalorgan eines Oligochaeten, Schema (aus Lang). *tr* Flimmertrichter, *dis* Dissepiment, *ng*[1] nicht drüsiger, *ng*[2] drüsiger Theil des Canals, *eb* Endblase, *lw* Leibeswand.

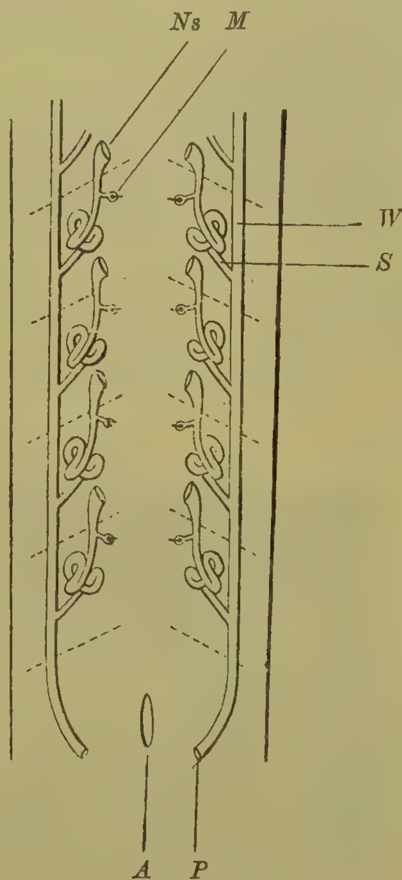


Fig. 67. Schema der Urniere eines Wirbelthiers (aus Hatschek); Segmentgrenzen punktirt. *A* Afteröffnung, *P* Mündung der Urnierengänge *W*, *Ns* Wimpertrichter (Nephrostom), *M* Malpighi'sche Körperchen der Segmentalcanäle (*S*.)

der Wirbelthiere zurückzuführen (Fig. 67.) Letztere werden als eine Reihe von Canälen angelegt, welche mit ihrem proximalen Ende in die Leibeshöhle sich öffnen, mit dem distalen Ende dagegen in einen Sammelcanal, den Harnleiter, münden. Erst später wandelt sich die Nierenanlage zu einem compacten Drüsenkörper um, meist unter Schwund der Peritonealtrichter.

V. Geschlechtsorgane.

Am Geschlechtsapparat der Thiere muss man die keimbereitenden Stätten oder die Geschlechtsdrüsen und die Ausführwege unterscheiden. Jene sind bei allen vielzelligen Thieren vorübergehend oder dauernd vorhanden, diese können dagegen gänzlich fehlen. Wenn die Geschlechtsproducte, wie es bei niederen Thieren meist der Fall ist,

in der Haut oder im Darm entstehen, dann sind die Ausführwege überflüssig, da die gereiften Elemente durch Platzen ihrer Umhüllung direct oder durch Vermittelung des Darms nach aussen entleert werden.

Keimepithel und Keimdrüsen. Männliche und weibliche Geschlechtszellen nehmen, wie wir gesehen haben, aus einer indifferenten Anlage ihre Entstehung, welche man das Keimepithel nennt. Mit Vorliebe bildet dasselbe einen Theil der epithelialen Auskleidung der Leibeshöhle, bei vielen Thieren dauernd, bei anderen nur vorübergehend; im letzteren Falle trennt es sich meist durch Abschnürung und bildet drüsenartige Körper, die Geschlechtsdrüsen.

Hermaphroditismus und Gonochorismus. Bei den meisten Thieren erzeugt das Keimepithel entweder nur weibliche oder nur männliche Geschlechtszellen; solche Thiere nennt man getrennt geschlechtlich oder gonochoristisch im Gegensatz zu den hermaphroditen oder zwitterigen Formen, bei denen in einem und demselben Individuum beiderlei Geschlechtsorgane enthalten sind. Man kann verschiedene Grade des Hermaphroditismus unterscheiden; gewöhnlich sind Hoden und Ovar zwar in demselben Thier vereinigt, innerhalb des Körpers jedoch räumlich getrennt, wie z. B. bei unserem Regenwurm, bei welchem ein paar Ringe nur männliche, ein dritter Ring nur weibliche Drüsen enthält. (Fig. 68.) Seltener ist die Vereinigung von Hoden und Eierstöcken zu einem einzigen Drüsenkörper, einer Zwitterdrüse; unsere Lungenschnecken besitzen eine Zwitterdrüse, welche in denselben Follikeln Samen und Eier producirt.

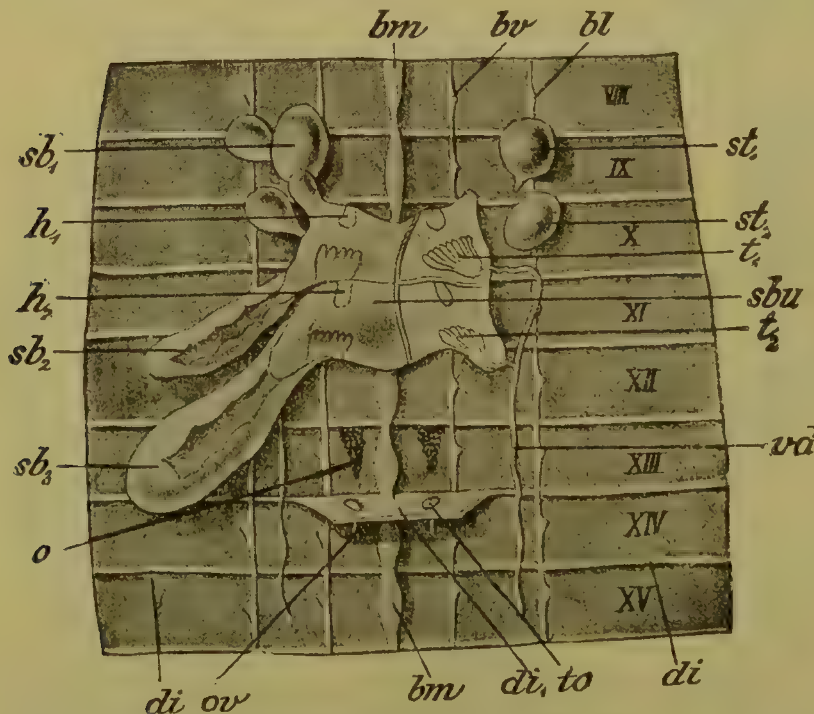


Fig. 68. Geschlechtsorgane von Lumbricus agricola (aus Lang nach Vogt und Yung). Die Samenbläschen der rechten Seite sind abgeschnitten. *bm* Bauchmark, *bv* und *bl* ventrale und laterale Borstenreihen, st^1 st^2 Samentaschen (Receptacula seminis), sb^1 sb^2 sb^3 die 3 Samenbläschen der linken Seite, welche auf 2 unpaaren Samenkapseln (*sbu*) sitzen. In letzteren eingeschlossen h^1 h^2 die vorderen und hinteren Hoden und t^1 t^2 die vorderen und hinteren Samentrichter, die in das Vas deferens *vd* leiten; *o* Ovarien, *to* Flimmertrichter, die in die Oviducte *ov* leiten, *di* Reste der Dissepimente. *VIII—XV 8.—15.* Segment.

Hermaphroditismus ist bei niedriger organisirten Thieren im Allgemeinen häufiger als bei den höher organisirten. Die entwickeltsten Thierclassen, die Insecten und die Wirbelthierclassen sind fast ausnahmslos getrennt geschlechtlich; man kennt unter ihnen nur zwei Fälle von normalem Hermaphroditismus, den Seebarsch, Serranus scriba, einen Knochenfisch, und die Myxine glutinosa. Häufiger wird Hermaphroditismus als Abnormität beobachtet, zumeist in

Form des Hermaphroditismus lateralis, bei welchem die eine Hälfte des Thieres nur männliche, die andere nur weibliche Geschlechtsdrüsen erzeugt. Sind Männchen und Weibchen einer Art an ihrem verschiedenen Aussehen zu unterscheiden, so drückt sich der Hermaphroditismus lateralis schon äusserlich in der Gestalt aus, indem die eine Hälfte des Thieres die Kennzeichen des Männchens, die andere die des Weibchens besitzt. Man kennt hermaphrodite Schmetterlinge und Bienen, bei denen die männliche Hälfte die besondere Gestalt der männlichen Fühler, Augen und Flügel trägt und so sich wesentlich von der weiblichen Hälfte unterscheidet. (Fig. 69.)



Fig. 69. Hermaphroditismus lateralis eines Schmetterlings (Ocneria dispar). Links weiblich, rechts männlich (nach Taschenberg).

Aeusserst selten ist echter Hermaphroditismus (Auftreten von zweierlei Sexualdrüsen in demselben Thier) bei Säugethieren und Menschen beobachtet worden. Was hier als Hermaphroditismus beschrieben worden ist, verdient in der Mehrzahl der Fälle diesen Namen nicht.

Ausführwege.

Die Ausführwege der Geschlechtsproducte sind im Thierreich sehr häufig den excretorischen Apparaten entnommen. Bei den Anneliden dienen manche Segmentalorgane, bei den Wirbelthieren Theile des Nierensystems ausschliesslich oder neben ihrer excretorischen Function der Geschlechtsthätigkeit. Man spricht daher von einem „Urogenital-System". Diese merkwürdige Vereinigung von Genitalorganen und Excretionsorganen hat eine doppelte Ursache, eine physiologische und eine anatomische. Physiologisch ist wichtig, dass sich Eier und Spermatozoen wie Excrete verhalten; sie sind Stoffe, die nicht mehr für den Nutzen des Individuums bestimmt sind, sondern nach aussen gelangen müssen, um in Wirksamkeit zu treten. Die morphologische Ursache ist im Verhalten zu der Leibeshöhle gegeben; ein Urogenitalsystem bildet sich stets nur bei Thieren, bei denen das Keimepithel aus dem Epithel der Leibeshöhle abstammt und bei denen die Niere dauernd oder ihrer Anlage nach mit der Leibeshöhle in Verbindung steht und so die natürliche Ableitung für die Producte derselben bildet. — Unabhängig davon, ob die Geschlechtswege Theile der Excretionsorgane oder selbständige Bildungen sind, gewinnen sie in der Thierreihe eine bestimmte, durch ihre Function bedingte Einrichtung. (Fig. 70.)

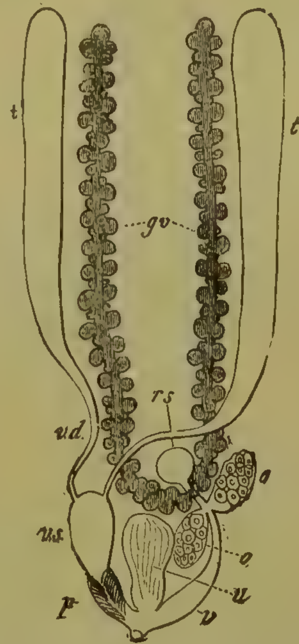


Fig. 70. Geschlechtsapparat von Vortex viridis (aus Gegenbaur nach M. Schultze). *t* Hoden, *vd.* Vasa deferentia, *vs* Vesicula seminalis, *p* Penis, *o* Ovarium mit Oviducten, *u* Begattungstasche, *v* Vagina, *rs* Receptaculum seminis, *gv* Dotterstöcke.

Von der Geschlechtsdrüse leiten Canäle nach aussen, die Eileiter, Oviducte, von den Ovarien, die Samenleiter, Vasa deferentia, von den

Hoden, von der Zwitterdrüse der Zwittergang. Eileiter und Samenleiter können mit bruchsackartigen Ausstülpungen versehen sein, welche zur Aufnahme von Samen dienen. Man nennt sie beim Eileiter Receptacula seminis, beim Samenleiter Vesiculae seminales; erstere beherbergen Samen, welcher durch die Begattung in die weiblichen Geschlechtswege gelangte, letztere Samen, welcher im eigenen Hoden entstanden ist.

Der Endabschnitt des Samenleiters ist häufig sehr muskulös und heisst Ductus ejaculatorius; er kann als Penis oder Cirrus herausgestülpt werden und ragt dann über die Körperoberfläche hervor. Der Endabschnitt des Eileiters ist meist erweitert und lässt zwei Theile erkennen, den Uterus, welcher die Eier während ihrer Entwicklung beherbergt, und die zur Begattung dienende Scheide. Dazu können dann in beiden Geschlechtern noch accessorische Drüsen der verschiedensten Art kommen.

Animale Organe.

I. Fortbewegungsorgane.

Die Fähigkeit, den Ort nach freier Wahl zu verändern, ist eine so sehr in den Vordergrund tretende Eigenthümlichkeit der Thiere, dass der Laie geneigt ist, danach zu entscheiden, ob ein Organismus dem Thier- oder Pflanzenreich zugehört. Desshalb ist es nötig hervorzuheben, dass zahlreiche Thiere die freie Ortsbewegung aufgeben, indem sie sich auf dem Boden, auf Pflanzen oder auf andern Thieren fest ansiedeln. Alle Schwämme und Corallen, die meisten Hydroidpolypen, die Crinoiden unter den Echinodermen sitzen fest und haben dadurch eine überraschende Aehnlichkeit mit Pflanzen gewonnen, so dass sie, obwohl echte Thiere, lange für Pflanzen gegolten haben. Ferner sind manche Muscheln und Würmer mit ihren Gehäusen angewachsen, ja sogar manche Krebsformen, die Cirripedien, haben die freie Ortsbewegung vollkommen verloren. Eine genauere Untersuchung wird aber in allen diesen Fällen lehren, dass eine Bewegungsfähigkeit der einzelnen Theile existirt, wie denn die Corallen ihre Tentakelkronen und die Cirripedien ihre federbuschartigen Füsse einschlagen, die Muscheln ihre Gehäuse activ schliessen können.

Zur Bewegung dienen bei den niederen Formen, den Protozoen, fast ausschliesslich Zellfortsätze, seien es Cilien, Geisseln oder Pseudopodien. Bei den vielzelligen Thieren ist das äusserst selten der Fall. Amöboide Beweglichkeit der Epithelzellen kommt zwar noch bei Coelenteraten und auch bei manchen Würmern vor, genügt aber nicht zur Ortsbewegung. Wirksamer ist das Geissel- oder Wimperepithel, welches bei Ctenophoren, Turbellarien und Rotatorien die Schwimmbewegungen vermittelt; ausserdem findet sich dasselbe noch bei vielen Larven von Thieren, welche ausgebildet entweder gar nicht oder nur mit Hilfe von Muskeln ihren Ort verändern können. In der Form von Planulae, d. h. als bewegliche mittelst Flimmern schwimmende Larven, verlassen fast alle Coelenteraten, Echinodermen, Mollusken und die Mehrzahl der Würmer die Eihüllen.

Zu energischerer Thätigkeit ist nur die Muskulatur befähigt. Die Anordnung derselben wechselt und hängt von der Beschaffenheit des

Skelets ab. Skeletlose Formen haben gewöhnlich den „Hautmuskelschlauch", einen Sack von circulären und longitudinalen Fasern, welcher mit der Haut fest vereinigt ist. Bildet sich von der Haut aus ein Skelet wie bei den Arthropoden, so löst sich der Schlauch in Muskelgruppen auf, die am Hautskelet ihre Angriffspunkte finden; bildet sich dagegen wie bei den Wirbelthieren ein Axenskelet aus, so ist hier das Punktum fixum der Muskelwirkung gegeben, so dass die Muskulatur einen ganz neuen Charakter gewinnt und namentlich tiefer zu liegen kommt. Ein Locomotionsapparat ganz eigener Art ist das Ambulacralgefässsystem der Echinodermen, ein System von feinen, zum Theil als Füsschen ausstülpbaren Schläuchen, über deren Verwendung das Nähere bei den Echinodermen nachzulesen ist.

II. Nervensystem.

Kaum ein Organsystem zeigt in der Thierreihe eine so gesetzmässige Fortbildung wie das Nervensystem. Die verschiedenen Stufen, welche man dabei aufstellen kann, wollen wir als die diffuse Form, die Strangform, die ganglióse Form und die Röhrenform bezeichnen.

Diffuses Nervensystem.

Die diffuse Form des Nervensystems ist jedenfalls die ursprünglichste; sie zeigt die beiden Elemente, Nervenfasern und Ganglienzellen, gleichmässig durch den ganzen Körper oder wenigstens durch gewisse Schichten des Körpers verbreitet. Als eine von den ersten Anfängen an bevorzugte Schicht ist die Haut des Körpers, das Ectoderm, anzusehen, da diese den Verkehr mit der Aussenwelt vermittelt und daher die für die Ausbildung von Nervengewebe wichtigen Sinneseindrücke erhält. Die Corallen und Hydroidpolypen können uns als Beispiel dienen, da bei ihnen das Ectoderm nach allen Richtungen hin von einem zarten, spinnewebenartigen Netz von Nervenfasern und Ganglienzellen, welches sogar auf das Entoderm übergreift, durchsetzt wird.

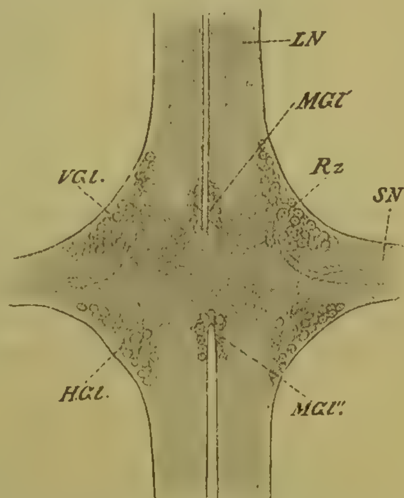


Fig. 71. Ein Ganglienpaar aus dem Bauchmark von Phronima sedentaria. Im Centrum Leydig'sche Punktsubstanz, darum eine Rinde von Ganglienzellen (*MGl*, *VGl*, *HGl*, *Rz*). *LN* Längscommissuren. *SN* abgehende Nerven (nach Claus).

Strangförmiges Nervensystem.

Aus der diffusen Form lassen sich die übrigen Hauptformen durch Localisation ableiten, die wohl hauptsächlich dadurch bedingt ist, dass manche Stellen zur Aufnahme von Sinneseindrücken und daher auch zur Entwicklung nervöser Theile geeigneter gelagert sind, als die Nachbarschaft. Bei den Medusen ist der Rand der Glocke eine solche Stelle, weshalb hier ein kräftiger, an Ganglienzellen auffallend reicher Nervenstrang verläuft. Man kann denselben, ebenso wie den Ringnerven und die fünf Ambulacralnerven der Echinodermen ein Centralorgan nennen und davon den Rest des Nervennetzes als peripheres Nervensystem unterscheiden.

Ganglienknötchen.

Vielerlei Uebergangsformen leiten uns zu dem gangliösen Centralnervensystem der Würmer, Mollusken und Arthropoden. (Fig. 71.) Das Centralnervensystem besteht hier aus 2 oder mehreren Ganglien; jedes Ganglion ist ein rundliches Knötchen gesetzmässig angeordneter Nervenfasern und Ganglienzellen. Jene bilden den Kern des Knötchens

und verursachen, indem sie nach allen Richtungen sich kreuzen, das Bild einer feinen Körnelung, wass zu dem ungeeigneten, weil leicht irre führenden Namen „Leydig'sche Punktsubstanz" geführt hat. Die Ganglienzellen dagegen häufen sich zu einer dicken Rindenschicht um die Leydig'sche Punktsubstanz an. Aus der centralen Nervenmasse gehen die peripheren Nerven hervor, ebenso wie die Commissuren, die Verbindungsstränge zu anderen ähnlichen Ganglienknötchen.

Da nun die meisten Thiere symmetrisch gebaut sind, findet man die Ganglien paarig gruppirt; ein linkes und ein rechtes Ganglion entsprechen einander und sind durch einen Strang von Nervenfasern, die Quercommissur, einheitlich verbunden. Am constantesten sind zwei Ganglien, welche dorsal über dem Anfangsdarm liegen und daher die oberen Schlundganglien oder auch Hirnganglien heissen. Wenn noch weitere Ganglien vorkommen, so liegen dieselben ventral und unter dem Darm (Bauchmark).

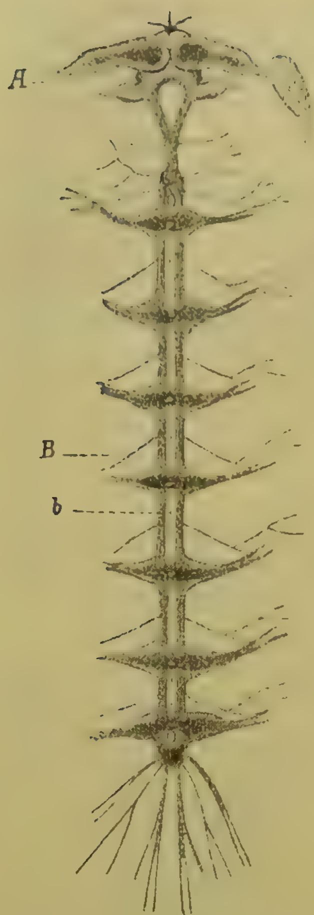


Fig. 72. Strickleiternervensystem von Porcellio scaber (Assel). *A* Hirn, *B* Bauchmark durch die Schlundcommissuren mit dem Hirn verbunden, *b* ein früher als Sympathicus gedeuteter Strang (nach Leydig).

Strickleiternervensystem.

Eine weit verbreitete Einrichtung ist die als Strickleiternervensystem (Fig. 72) bezeichnete Form. Zahlreiche Ganglienpaare (im vorliegenden Beispiel neun) liegen auf der Bauchseite des Thieres hinter einander und sind durch Längscommissuren verbunden, und zwar entsprechend den linken und rechten Ganglien durch linke und rechte Commissuren. Das erste Paar der Reihe wird von den unteren Schlundganglien gebildet, welche zwei links und rechts den Darm umgreifende Commissuren zu den oberen Schlundganglien entsenden. Obere und untere Schlundganglien nebst den Schlundcommissuren erzeugen den Schlundring, einen Nervenring, welcher den Anfangstheil des Darms umfasst.

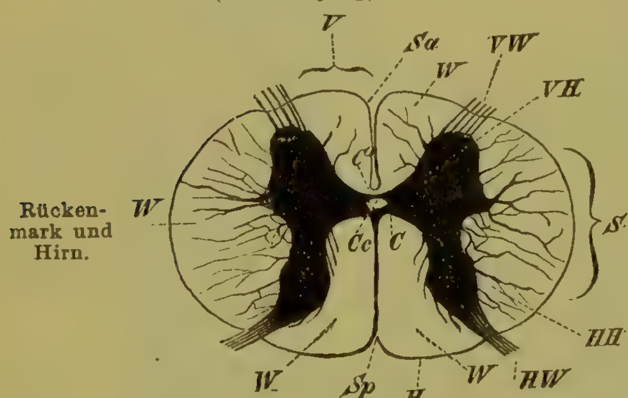


Fig. 73. Querschnitt durch das Rückenmark des Menschen (aus Wiedersheim), schwarz die graue, weiss die weisse Substanz (*W*); *Cc* Centralcanal umgeben von der vorderen und hinteren Commissur (*C*), *Sa*, *Sp* Sulcus anterior und posterior, *VW*, *HW* vordere und hintere Nervenwurzel, *VH*, *HH* Vorder- und Hinterhorn der grauen Substanz, *V*, *S*, *H* Vorder-, Seiten- und Hinterstränge der weissen Substanz.

Rückenmark und Hirn.

Die röhrige Form des Nervensystems findet sich nur bei den Wirbelthieren (Fig. 73) und den den Wirbelthieren sehr nahe stehenden Larven der Tunicaten. Hirn und Rückenmark der Wirbelthiere kann man als die in verschiedener Weise entwickelten Abschnitte einer Röhre mit stark verdickten Waudungen auffassen. Im Centrum liegt der äusserst enge Spinalcanal, welcher sich nach vorn in die einzelnen Hirnventrikel erweitert. Auf einem Querschnitt sieht man um den Spinalcanal herum die Nerven-

elemente genau im entgegengesetzten Sinne gruppirt als bei den Ganglienknötchen. Zu äusserst liegt eine Schicht Nervenfasern (die weisse Substanz der menschlichen Anatomie), nach innen davon folgt ein aus Ganglienzellen und Nervenfasern gebildeter Kern (die graue Substanz), welcher durch ein besonderes Epithel gegen den Centralcanal abgegrenzt wird.

Fast für alle Thiere, vielleicht mit nur wenigen Ausnahmen, hat sich herausgestellt, dass das Nervensystem aus dem Ectoderm entsteht. Bei vielen Thieren liegen daher die Nervenstränge und Ganglienknoten dauernd in der Haut, bei anderen nur während der Entwicklung, um später durch Abspaltung oder Einfaltung losgelöst und in tiefere Körperschichten verlagert zu werden (Fig. 9 S. 31).

III. Sinnesorgane.

Was wir vom Wesen der Aussenwelt wissen, gründet sich auf die Erfahrungen, welche wir durch unsere Sinnesorgane gemacht haben. Wir kennen daher die Aussenwelt nur insoweit, als sie den von Urtheilskraft genau controlirten und geschärften Sinnen zugängig ist. Sollten ausser uns Dinge existiren, welche auf unsere Sinne keinen Einfluss haben, so können wir uns auch von ihnen keine Vorstellung machen. — Aus diesen Sätzen ergiebt sich, dass wir uns über die Beschaffenheit der Sinnesorgane der Thiere nur nach Analogie mit unseren eigenen Erfahrungen orientiren können. Wir müssen die Unterscheidung von 5 Sinnen, Tast- oder Hautsinn, Geruch-, Geschmack-, Gehör- und Gesichtssinn, welche sich in die menschliche Physiologie eingebürgert hat, auf das ganze Thierreich übertragen. A priori kann allerdings die Möglichkeit nicht bestritten werden, dass bei den Thieren Sinnesempfindungen vorkommen, welche uns gänzlich fehlen; im Verfolgen dieses Gedankenganges ist man sogar zur Aufstellung eines sechsten Sinnes gelangt. Eine derartige Aufstellung wird jedoch stets für uns eine inhaltslose Abstraction bleiben müssen, da wir uns unmöglich vom Wesen eines uns fehlenden Sinnes eine lebendige Vorstellung machen können.

Ein weiterer, noch wichtigerer Grund für die Erscheinung, dass unsere Kenntnisse vom Sinnesleben der Thiere sehr fragmentarischer Natur sind, ist dadurch gegeben, dass wir bei der physiologischen Deutung von Sinnesapparaten uns nur selten auf Experimente stützen können und somit auf Schlussfolgerungen aus dem Bau angewiesen sind. Der Bau mancher Sinnesorgane, wie der Geruchs- und Geschmacksorgane, ist aber keineswegs so charakteristisch, dass er allein schon zur physiologischen Deutung berechtigte.

Tastorgane. Als Tastorgan functionirt die Haut der Thiere, meist wohl in ganzer Ausdehnung, wenn auch nicht überall mit gleicher Intensität. Hervorragende Partien wie die Tentakelkronen der Polypen und vieler Würmer, die Fühler der Arthropoden und Schnecken, werden auf die Benennung immer besonderen Anspruch machen können. Zum Tasten dienen besondere Epithelzellen, welche mit starren, über die Oberfläche ragenden Haaren, den Tastborsten oder Tasthaaren, versehen sind. (Fig. 74.) Nur bei den Wirbelthieren finden die Tastnerven meist unter dem Epithel in besonders modificirten Endorganen (den Vater-Pacini'schen Körperchen, den Meissner'schen Körperchen etc.) ihr Ende. (Fig. 75.)

Geruchsorgane, Geschmacksorgane.

Geruchs- und Geschmacksorgane sind nur bei den Wirbelthieren mit Sicherheit bekannt. Das Geruchsorgan besteht hier aus

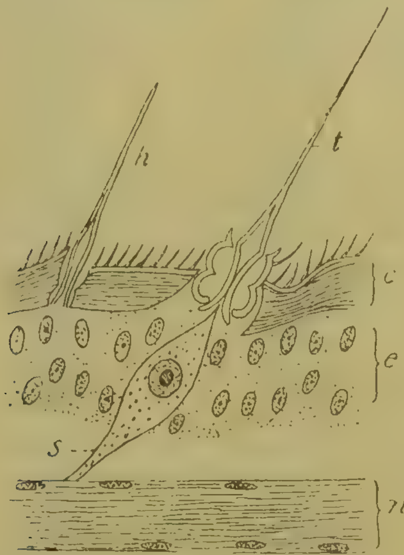


Fig. 74. Haut eines Insects mit einem gewöhnlichen Haar (*h*) und einem Tasthaar (*t*). *n* Nerv, *s* Sinneszelle, *e* Epithel, *c* Cuticula (nach v. Rath).

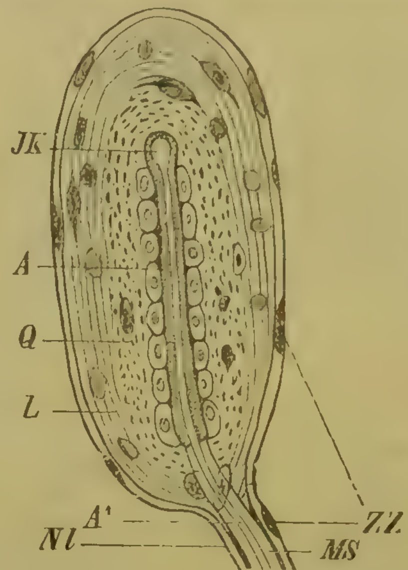


Fig. 75. Kolbenkörperchen aus dem Schnabel der Ente (aus Wiedersheim). *A* Nervenfaser mit Endkolben *JK*, *Q* innere, *L* äussere Hülllamellen, *Z* Kerne der letzteren, *A*[1] Axencylinder, *MS* Markscheide, *Nl* Nervenscheide.

zwei meist flimmernden Grübchen, deren Grund reich an epithelialen Sinneszellen, den Riechzellen, ist. Bei den luftathmenden Wirbelthieren ist das Grübchen Theil eines zur Athmung dienenden Canals, der von der Hautoberfläche in die Mundhöhle führt. Somit werden wir geneigt sein, Sinnesorgane der Wirbellosen, welche die Gestalt von flimmernden Grübchen haben und den Athmungsapparaten benachbart liegen, als Geruchsorgane zu deuten. In analoger Weise werden wir Nervenendigungen im Bereich oder in der Nachbarschaft der Mundhöhle Geschmacksorgane nennen, da die Geschmacksknospen der Wirbelthiere in der Mundhöhle, besonders auf der Zunge, beobachtet werden.

Gehör.

Gehörorgan und Auge nennt man die höheren Sinnesorgane, weil sie für unser gesammtes Erkennen von viel grösserer Bedeutung sind als die übrigen Sinnesorgane, indem sie Empfindungen vermitteln, welche qualitativ und quantitativ eine viel genauere Bestimmung zulassen. Gehör und Auge haben daher einen complicirteren und charakteristischeren Bau, welcher ein leichtes Wiedererkennen ermöglicht, zumal da zu den der Empfindung selbst dienenden Sinneszellen fast stets leicht kenntliche Hilfsapparate hinzutreten.

Die Gehörorgane der Wirbelthiere und der meisten übrigen Thierstämme lassen sich auf eine einfache Grundform, das **Hörbläschen**, zurückführen. (Fig. 76.) Dasselbe besitzt eine epitheliale Wandung, einen flüssigen Inhalt, das Hörwasser oder die Endolymphe, und einen einzigen oder zahlreiche zu einem Haufen zusammengeballte Hörsteine oder Otholiten. In einem bestimmten Bereich der epithelialen Wandung sind die Zellen zur Crista acustica, der Hörleiste, entwickelt: sie stehen mit dem Hörnerv (Nervus acusticus) in Verbindung und tragen die in die Endolymphe hineinragenden Hörhaare. Die Otholithen selbst sind Concretionen von kohlensaurem oder phosphorsaurem Kalk, deren

Function noch nicht aufgeklärt ist. Sie schweben meist frei im Centrum des Bläschens und werden häufig von Flimmerbüscheln, die von den nicht sensiblen Epithelzellen der Wand ausgehen, oder in mannichfach anderer Weise in ihrer Lage gehalten.

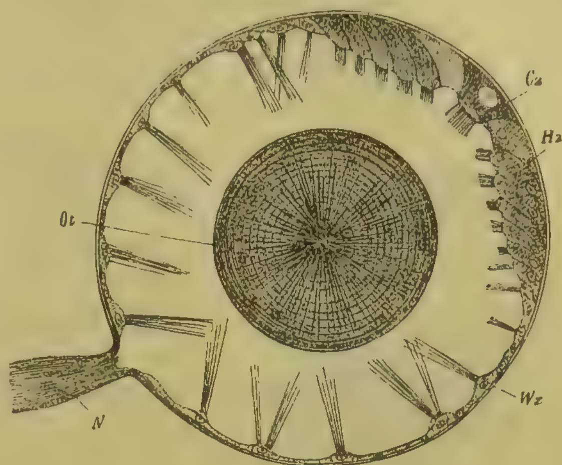


Fig. 76. Hörbläschen eines Mollusks (Pterotrachea). *N* Hörnerv, *Hz* Hörzellen mit der Centralzelle *Cz*, *Wz* Wimperzellen, *Ot* Otolith (nach Claus).

Jedes Hörbläschen entwickelt sich durch eine grubenförmige Einstülpung der Haut und ist somit vorübergehend ein Hörgrübchen. Daher darf es uns nicht wundern, dass bei vielen Thieren das Organ auf dieser niederen Entwickelungsstufe bestehen bleibt, wie z. B. die Flusskrebse ein offenes Hörorgan oder Hörgrübchen besitzen. Andererseits kann sich das Hörbläschen zu grösserer Mannichfaltigkeit der Gestalt fortbilden. Bei den Säugethieren z. B. (Fig. 77) ist es durch eine Einschnürung in den Sacculus und den Utriculus zerlegt; der Sacculus ist mit einem spiralgewundenen Blindsack, der Schnecke, der Utriculus mit den 3 halbzirkelförmigen Canälen versehen. Dazu kommen beim Menschen wie den meisten Wirbelthieren die schallleitenden Apparate, um dem Gehörorgan einen aussergewöhnlich complicirten Bau zu verleihen.

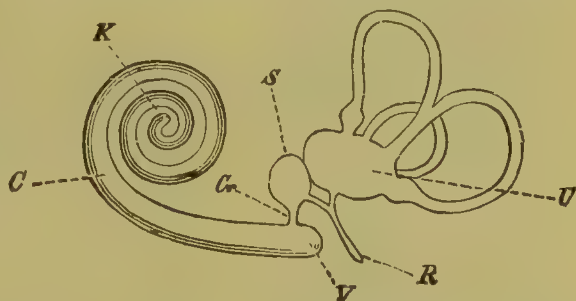


Fig. 77. Schema des menschlichen Labyrinths. *U* Utriculus mit den halbzirkelförmigen Canälen. *S* Sacculus durch den Canalis reuniens mit der Schnecke (*C*) verbunden, *R* Recessus labyrinthi, *V* Schneckenblindsack, *K* Kuppelblindsack (aus O. Hertwig).

Da es nun Thiere giebt, welche, ohne Hörblasen zu besitzen, gut hören, wie Spinnen und Insecten, müssen wir annehmen, dass es Gehörorgane giebt, welche nicht nach dem Typus der Hörbläschen gebaut sind. Sicheres weiss man jedoch nur über die tympanalen Hörorgane der Heuschrecken (vergl. diese).

Auge.

Das Auge ist bei allen Thieren schon an der Beschaffenheit des Sinnesepithels, der Retina, zu erkennen. Letztere ist stets durch starke Ablagerung von Pigment ausgezeichnet, welches entweder in den Sinneszellen liegt oder in besonderen Zellen, die zwischen oder hinter den Sinneszellen angebracht sind. Das einfachst gebaute Auge erscheint daher als ein scharf umschriebener, mit Nerven, gewöhnlich auch mit einer Linse versehener Pigmentfleck im Epithel der Haut. (Fig. 78.)

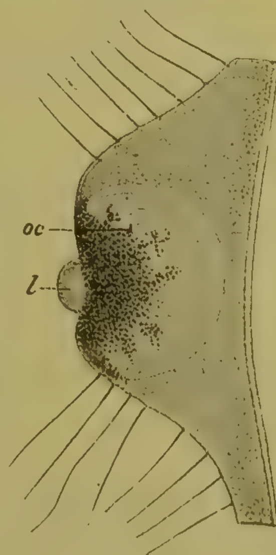


Fig. 78. Ocellus (*oc*) einer Meduse (Lizzia Köllikeri) mit Linse (*l*).

Die Sinneszellen selbst tragen meist an ihrem peripheren Ende einen Aufsatz, den man das

Rhabdom nennt. Das Rhabdom ist eine Art Cuticularbildung, dient wahrscheinlich dazu, die Lichtwellen aufzufangen und in Erregung zu verwandeln und hat besonders bei den Wirbelthieren einen complicirten Bau, insofern jedes Rhabdom aus einem Innen- und Aussenglied besteht. Auch kann man hier 2 Arten von Rhabdomen, Stäbchen und Zapfen, unterscheiden. (Fig. 79.)

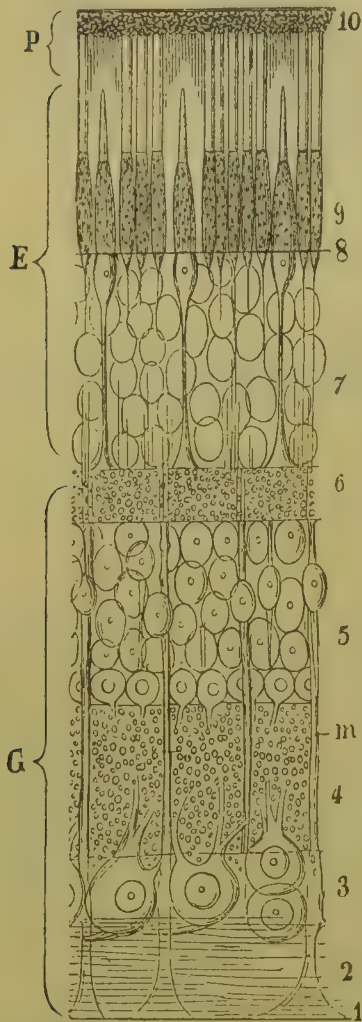


Fig 79. Retina des Menschen (nach Gegenbaur). *p* Pigmentschicht, *E* Schicht der Sehzellen, *G* Ganglion opticum. *1* Limitans interna, *2* Nervenfaserschicht, *3* Ganglienzellen, *4* innere reticulirte Schicht, *5* innere Körnerschicht, *6* äussere reticulirte Schicht, 7 äussere Körnerschicht, *8* Limitans externa, *9* Stäbchen- und Zapfenschicht; *10* Tapetum nigrum.

Ehe der Sehnerv sich an die einzelnen Sehzellen vertheilt, bildet er noch eine Anschwellung, das Ganglion opticum, welches entweder als ein geschlossener Körper ausserhalb des Auges liegt oder mit der Retina zu einem zusammenhängenden Ganzen verschmilzt. Bei den Wirbelthieren ist die ansehnliche Dicke der Retina (Fig. 79) dadurch bedingt, dass sie auch das Ganglion opticum enthält. Die als reticulirte Schichten, Lagen der inneren Körner und Ganglienzellen, Nervenfaserschicht bezeichneten Theile gehören zum Ganglion opticum; die Schicht der Sehzellen besteht nur aus den äusseren Körnern und den aufsitzenden Stäbchen und Zapfen.

Der complicirte Bau des Auges wird ferner dadurch veranlasst, dass besondere lichtbrechende Körper das Licht zum Entwerfen des Bildes auf der Retina concentriren (Cornea, Linse, Glaskörper), dass der Lichteinfall der Regulirung (Iris) bedarf, dass Ernährungsvorrichtungen (Chorioidea) und Schutzvorrichtungen gegeben sein müssen (Sclera). Wenn alle diese Theile vorhanden sind, dann kommt ein Bau zu Stande, wie ihn Tintenfische und Wirbelthiere bieten. (Fig. 80.)

Das Auge der Wirbelthiere ist ein vielfach nahezu kugeliger Körper, dessen Oberfläche von einer festen Membran gebildet wird. Im grössten Theil der Circumferenz ist die Membran undurchsichtig fibrös oder knorpelig und heisst Sclera oder Sclerotica; nur im vordersten Abschnitt ist sie glashell durchsichtig und bildet hier vermöge ihrer stärkeren Krümmung einen uhrglasförmigen Aufsatz, die Cornea. Nach innen von der Sclera liegt die Chorioidea, eine bindegewebige, pigment- und blutreiche Hülle, welche an der Grenze von Sclera und Cornea sich in die Iris verwandelt. Die Iris, der Sitz der Augenfärbung, ist in ihrer Mitte von der Pupille durchbohrt, einer Oeffnung, deren wechselnde Grösse den Lichteinfall regulirt. Nach innen von der Chorioidea folgt zunächst eine Lage schwarzer Zellen, das Tapetum nigrum, und endlich die Netzhaut oder Retina selbst, die Ausbreitung des am hinteren Ende in das Auge eintretenden Sehnerven. Tapetum nigrum und Retina gehören entwicklungsgeschichtlich zusammen und endigen daher

auch beide gemeinsam am Rand der Pupille, nachdem die Retina schon vorher in einiger Entfernung vom äusseren Rand der Iris an der Ora serrata ihren nervösen Charakter verloren hat.

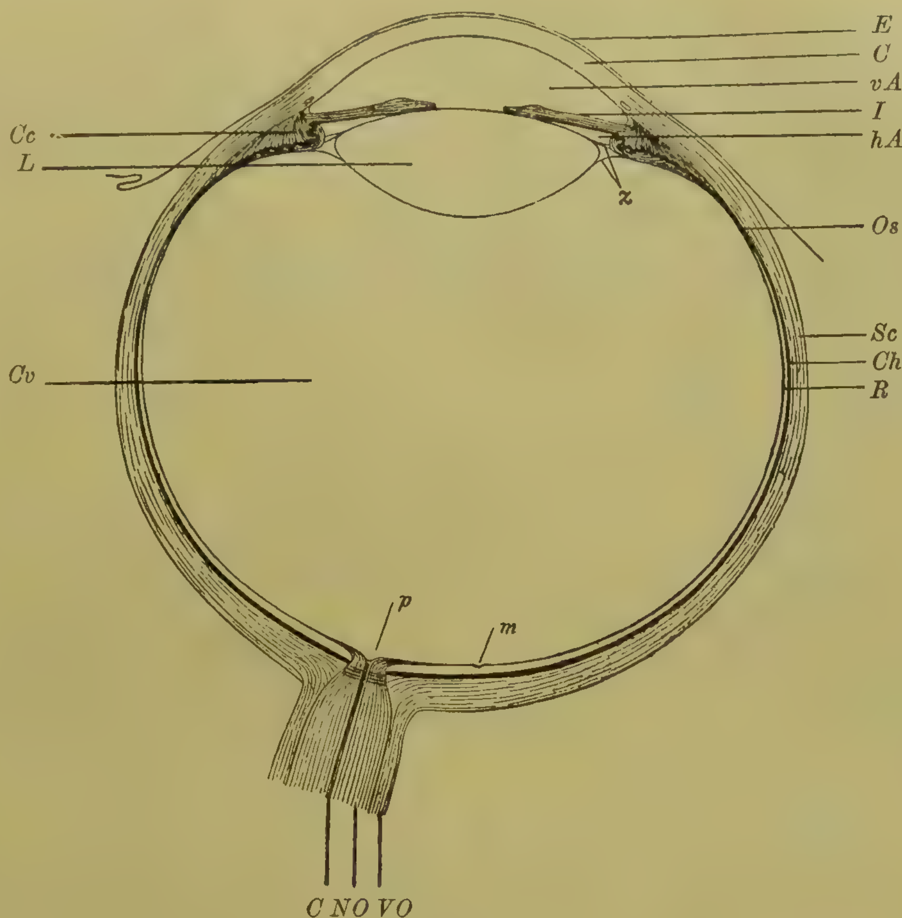


Fig. 80. Horizontalschnitt durch das menschliche Auge (nach Arlt aus Hatschek), *E* Epithel der Cornea (Conjunctiva), *C* Cornea, *vA* vordere Augenkammer, *I* Iris, *hA* hintere Augenkammer, *z* Zonula Zinnii, *Os* Ora serrata, *Sc* Sclera, *Ch* Chorioidea, *R* Retina, *p* Papille des Sehnerven, *m* Macula lutea (Stelle des schärfsten Sehens), *VO* Scheide des N. opticus, *NO* N. opticus, *C* Arteria centralis, *Cc* Corpus ciliare, *L* Linse, *Cv* Glaskörper.

Im Inneren des Auges bleibt ein Raum übrig, der von dem Corpus vitreum, Humor aqueus und der Linse vollkommen ausgefüllt wird. Für den Sehact ist die Linse der wichtigste Theil, da sie nächst der Cornea den Gang der Lichtstrahlen am meisten beeinflusst. Sie liegt hinter der Iris befestigt an dem vorderen Rand der Chorioidea, welche hier zu dem Corpus ciliare umgewandelt ist. Vor ihr befindet sich die seröse Flüssigkeit des Humor aqueus, theils in der sogenannten hinteren Augenkammer, zwischen Linse und Iris, theils in der vorderen Augenkammer, zwischen Iris und Cornea. Den viel ansehnlicheren einheitlichen Raum hinter der Linse füllt ein gallertartiger Gewebskörper, der Glaskörper oder das Corpus vitreum, aus.

Zwischen dem einfachen Pigmentfleck und dem hochorganisirten Wirbelthierauge finden sich vielerlei Ausbildungsstufen: Pigmentflecke mit Linse, Pigmentflecke mit Linse und Glaskörper, mit hüllenden und ernährenden Häuten etc. Einen besonderen Entwicklungstypus zeigt das Facettenauge der Insecten und Krebse, auf dessen Bau wir bei den Arthropoden zurückkommen werden.

Zusammenfassung der wichtigsten Punkte der Organologie.

1. Organe sind Gewebscomplexe, welche gegen ihre Umgebung zur Bildung eines Körpers von bestimmter Gestalt abgegrenzt sind und eine einheitliche Function verrichten; jedes Organ kann somit morphologisch (nach seinem Bau und seinen Lagebeziehungen) und physiologisch (nach seiner Function) charakterisirt werden.

2. Organe verschiedener Thiere können physiologisch gleichwerthig sein: analoge (gleichartig functionirende) Organe.

2. Organe verschiedener Thiere können morphologisch gleichwerthig sein: homologe (in gleichen Lagebeziehungen auftretende) Organe.

4. Bei der Vergleichung der Organe zweier Thiere können sich 3 Möglichkeiten ergeben:
   a) sie sind homolog und analog zugleich,
   b) sie sind homolog, aber nicht analog (Schwimmblase der Fische, Lunge der Säugethiere),
   c) sie sind analog, aber nicht homolog (Kiemen der Fische, Lungen der Säugethiere).

5. Die Organe theilt man ein in animale und vegetative.

6. **Animale** Functionen sind Functionen, welche zwar der Pflanze nicht vollkommen fremd sind, aber bei ihr verkümmern, dagegen im Thierreich eine Fortbildung erfahren und das Charakteristische des Thieres ausmachen.

7. **Vegetative** Functionen sind in gleicher Vollkommenheit, wenn auch in verschiedener Weise bei Pflanze und Thier ausgebildet.

8. Zu den animalen Organen gehören die Organe der Bewegung und Empfindung, d. s. die Muskeln, die Sinnesorgane, das Nervensystem.

9. Zu den vegetativen Organen gehören die Organe der Ernährung und der Fortpflanzung.

10. Unter Ernährung im weitesten Sinne verstehen wir nicht nur die Aufnahme und Verdauung von Speise und Trank, sondern auch die Aufnahme von Sauerstoff (Athmung), die Vertheilung der Nahrung an die Körperprovinzen, die Entfernung des unbrauchbar Gewordenen.

11. Zur Ernährung gehören daher nicht nur der Darm und seine Anhangsdrüsen, sondern auch die Athmungsorgane, das Blutgefässsystem und die Excretionsorgane (Niere).

12. Zur Fortpflanzung dienen die männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane.

13. Beiderlei Geschlechtsorgane können auf 2 Thiere vertheilt (Gonochorismus) oder in einem und demselben vereinigt sein (Hermaphroditismus).

14. Der höchste Grad von Hermaphroditismus wird erreicht, wenn ein und dieselbe Drüse (Zwitterdrüse) sowohl Eier wie Samenfäden erzeugt.

15. Häufig sind Geschlechtsorgane und Harnwege innig vereinigt; dann spricht man von einem Urogenitalsystem.

4. Promorphologie oder Grundformenlehre der Thiere.

Auf gesetzmässiger Vereinigung verschieden functionirender Organe beruht der Bau der Einzelthiere. Die Organe nehmen dabei ein Lageverhältniss zu einander ein, welches für jeden einzelnen Thierstamm ein bestimmtes ist oder doch nur in untergeordneter Weise variirt. Vergleicht man die einzelnen Thierstämme mit Rücksicht auf das Anordnungsprincip der Theile, so kommt man zur Aufstellung einiger weniger Grundformen, welche für den Morphologen eine ähnliche Rolle spielen wie die Grundformen der Crystalle für den Mineralogen. Nur darf man in extremer Verfolgung dieses Vergleiches die Lehre von den Grundformen oder die Promorphologie der Thiere nicht als eine ebenbürtige Wissenschaft der Crystallographie zur Seite stellen wollen. Ein Crystall ist eine aus gleichartigen Theilen bestehende Masse; seine Form ist die nothwendige und unmittelbare Folge der chemisch-physikalischen Beschaffenheit seiner Molecüle. Ein derartiger directer Zusammenhang zwischen Molecularstructur und Grundform ist bei den Organismen nicht vorhanden und kann nicht vorhanden sein, da schon jedes Organ sich aus vielerlei chemischen Verbindungen zusammensetzt. Daher fehlt auch die den Crystallen zukommende mathematische Regelmässigkeit. Selbst bei den Thieren, welche die grösste Regelmässigkeit in der Anordnung der Theile besitzen, fügen sich dieselben nicht sämmtlich den Anforderungen der Grundform, so dass wir genöthigt sind, grössere oder kleinere Abweichungen unberücksichtigt zu lassen. Wenn wir z. B. den Menschen bilateral symmetrisch nennen, so müssen wir unberücksichtigt lassen nicht nur die kleinen Asymmetrien von schiefen Nasen etc., sondern auch die wesentlicheren, dass die Leber auf die rechte, das Herz auf die linke Seite verschoben ist, dass der Darm in vollkommen asymmetrischer Weise verläuft.

Man kann nun durch den Körper eines Thieres nach den drei Dimensionen des Raums drei auf einander senkrechte Axen legen und ihn bis zu einem bestimmten Grad nach der Beschaffenheit dieser Axen charakterisiren; ferner kann man ihn auch charakterisiren nach den Ebenen, in denen man ihn symmetrisch halbiren kann, den Symmetrieebenen. So kommt man zur Aufstellung folgender Grundformen:

1. anaxone, asymmetrische, irreguläre oder amorphe Grundform (Fig. 81),
2. homaxone, allseitig symmetrische, sphärische Grundform (Fig. 82),
3. monaxone, radial symmetrische Grundform (Fig. 83),
4. einfach heteraxone, zweistrahlig symmetrische Grundform (Fig. 84, 85),
5. doppelt heteraxone, bilateral symmetrische Grundform (Fig. 86).

1. A n a x o n oder a s y m m e t r i s c h nennen wir Thiere, bei denen die Anordnung der Theile in keiner Richtung des Raumes gesetzmässig bestimmt ist, welche daher in jeder Richtung unregelmässig weiter wachsen können. Bei ihnen ist kein fester Mittelpunkt gegeben und fehlt die Möglichkeit, b e s t i m m t e Axen durch den Körper zu legen oder den Körper in symmetrische Stücke zu theilen (viele Schwämme und viele Protozoen).

2. H o m a x o n e oder s p h ä r i s c h e Thiere haben die Grundform der Kugel; die Theile des Körpers sind concentrisch um einen feststehenden Mittelpunkt angeordnet, so dass beliebig viele Axen und Symmetrieebenen hindurchgelegt werden können, nämlich alle Linien

und Ebenen, welche durch den Mittelpunkt der Kugel verlaufen (wenige kugelige Protozoen, namentlich Radiolarien).

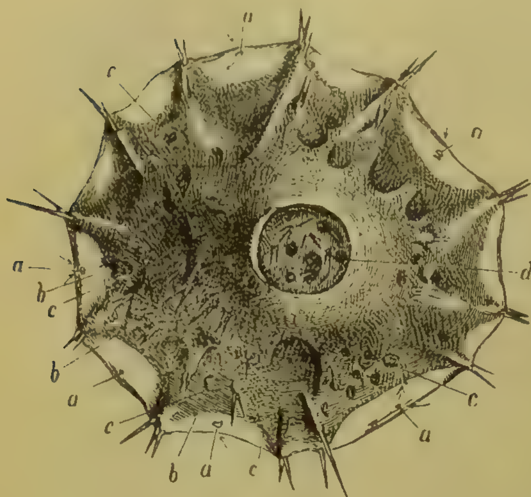


Fig. 81. Spongilla fluviatilis (nach Huxley) *a* oberflächliche Schicht mit Dermalporen *b*, *c* Gegend der Geisselkammer, *d* Osculum.

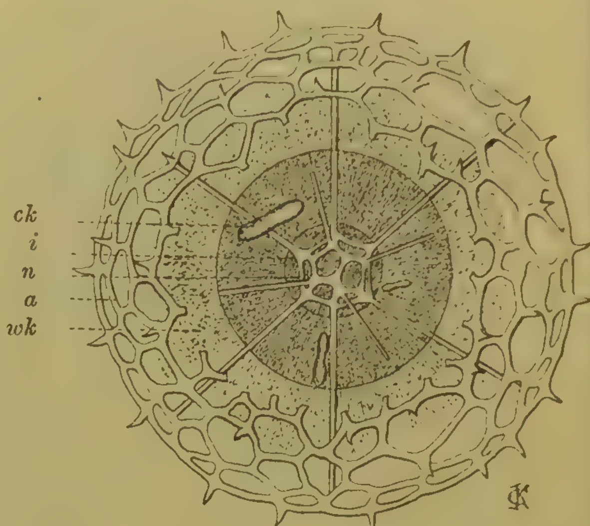


Fig. 82. Haliomma erinaceus. *a* äussere, *i* innere Gitterkugel. *ck* Centralkapsel, *wk* extracapsulärer Weichkörper, *n* Binnenbläschen (Kern).

3. Monaxonie oder Radialsymmetrie wird herbeigeführt, wenn in einer bestimmten Richtung das Wachsthum und demgemäss auch die Bildung der Organe in anderer Weise sich vollzieht, als in den senkrecht dazu gestellten Richtungen. Wir nennen die Linie, welche

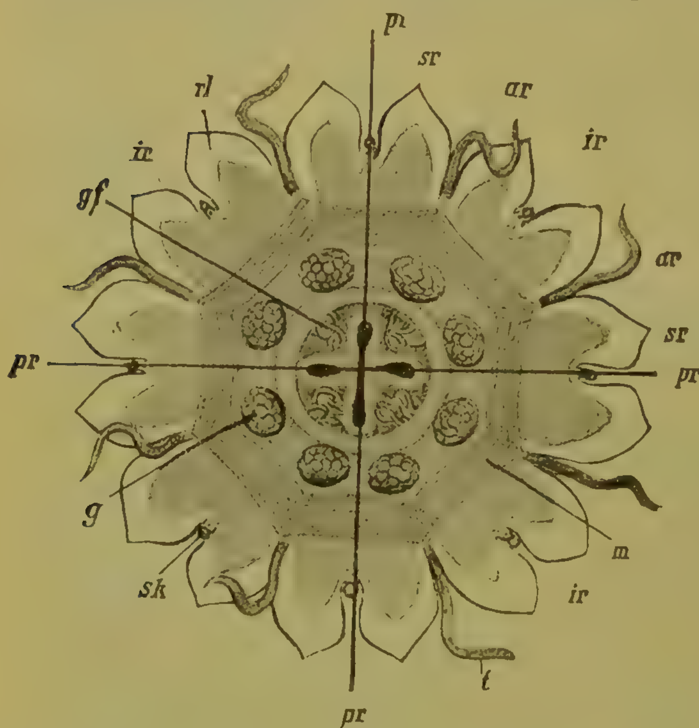
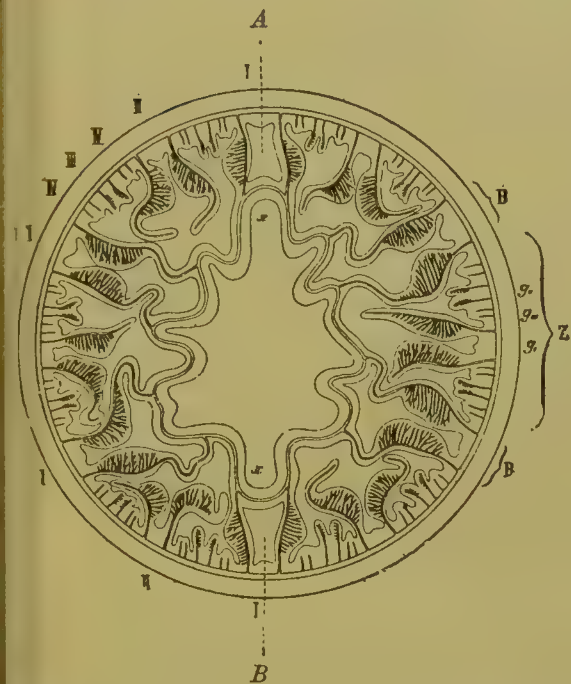


Fig. 83. Nausithoë, eine acraspede Meduse (nach Lang), vom oralen Ende der stark verkürzten Hauptaxe aus betrachtet. *pr* Perradion, *ir* Interradien, *ar* Adradien (Perradien und Interradien bezeichnen die 4 Symmetrieebnen des Thieres). *sr* Subradien, *rl* Randlappen, *t* Tentakeln, *sk* Randkörper, *g* Geschlechtsorgane, *gf* Gastralfilamente, *m* subumbrellarer Ringmuskel; im Centrum die kreuzförmige Mundöffnung.



Fig. 84. Schema einer Actinie nach Angelo Andres (aus Hatschek). Seitliche Ansicht, senkrecht zur stark verlängerten Hauptaxe.

diese Richtung bezeichnet, Hauptaxe im Gegensatz zu den noch unter einander gleichen Nebenaxen oder Radien. Die Hauptaxe kann als solche bestimmt sein, weil sie länger oder kürzer ist als die Nebenaxen; sie kann aber auch gleich lang wie diese und dennoch genau bestimmt sein, indem sie gewisse Organe (z. B. die Mundöffnung) enthält, welche in den anderen Richtungen fehlen. Bei radialsymmetrischen Thieren sind dieselben Organe stets in grösserer Anzahl vorhanden und gleichmässig um die Hauptaxe in der Richtung der Radien vertheilt. Durch



g. 85. Querschnitt einer Actinie (Adamsia aphana). *A*, *B* Richtungsfächer, zugleich Enden r Sagittalaxe, welche die eine Symmetrieebene s Körpers bezeichnen, während die zweite zu senkrecht steht. *I* - *IV* Cyclen der Septenaare I—IV. Ordnung, *B* Binnenfach I. Ordnung, Zwischenfach I. Ordnung, in welchem neugelegt sind Septenpaare und Binnenfächer II., III., IV. Ordnung (g^1 g^2 g^3).

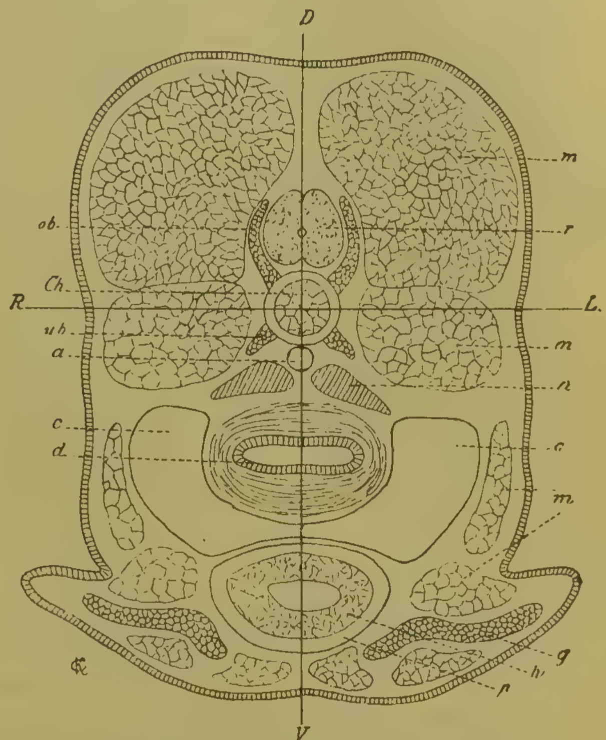


Fig. 86. Querschnitt durch einen Fisch auf der Höhe der vorderen Extremität. *D V* Sagittalaxe, *R L* Transversalaxe; *a* Aorta descendens, *c* Leibeshöhle, *d* Darm, *ch* Chorda, *g* Schultergürtel, *h* Herz, *m* Muskeln, *n* vorderes Ende der Niere, *p* Pericard, *ob* obere Bogen, *ub* untere Bogen.

ein solches Thier kann man eine grössere Anzahl Schnitte führen, welche durch die Längsaxe gehen und den Körper symmetrisch halbiren. Zerschneidet man das Thier in der Richtung aller möglichen Symmetrieebenen, so erhält man Stücke, welche im Wesentlichen gleich gebaut sind. Grosse Thierstämme, wie die meisten Echinodermen und Coelenteraten, sind radial-symmetrisch.

4. und 5. Die nächsten 2 Grundformen haben das Gemeinsame, dass drei ungleichwerthige, auf einander senkrecht stehende Axen unterscheidbar sind, die man als Hauptaxe, Quer- oder Transversalaxe und Pfeil- oder Sagittalaxe bezeichnet; dies ist der Fall, wenn, abgesehen von der Hauptaxe, auch in der Sagittalrichtung eine andere Organvertheilung herrscht als in der Transversalrichtung, wenn in der ersteren Organe liegen, die in der letzteren fehlen und umgekehrt. Dann sind zunächst, so lange es sich nur um Ungleichwerthigkeit der Axen handelt, 2 Symmetrieebenen möglich; man kann das Thier symmetrisch theilen, 1. wenn man den Schnitt durch Haupt- und Transversalaxe, 2. wenn

man ihn durch Haupt- und Sagittalaxe legt. Derartige zweistrahlig symmetrische Thiere sind die Ctenophoren, Actinien und Corallen.

Nehmen wir nun weiter an, dass die Enden der Sagittalaxe ungleichwerthig werden, dass an dem einen Ende ganz andere Organe als an dem entgegengesetzten liegen, dann erhalten wir die weitest verbreitete Grundform, die bilaterale Symmetrie. Die ungleichwerthigen Enden der Sagittalaxe nennt man „dorsal“ und „ventral“, womit dann ferner die Bezeichnungen „rechts“ und „links“ für die Enden der Transversalaxe gegeben sind; ein bilateral symmetrisches Thier kann man nur in eine linke und rechte Hälfte symmetrisch theilen durch einen in der Richtung von Längs- und Sagittalaxe geführten Schnitt, den Medianschnitt; ein Frontalschnitt (Schnitt durch Längs- und Queraxe) ergiebt stets ungleichwerthige Theile, Rücken- und Bauchseite.

Antimeren und Metameren.

Die symmetrischen Stücke eines Thieres nennt man Antimeren: jedes Antimer besitzt Organe, welche in seinem Nebenantimer ebenfalls vorkommen. Dem rechten Arm des Menschen entspricht der linke, dem rechten Auge das linke u. s. w. Dieselben Organe wiederholen sich somit in der Richtung der Queraxe. Nun kommt es aber im Thierreich sehr häufig vor, dass die Wiederholung der Organe nicht nur in der Richtung der Queraxe, sondern auch in der Richtung der Längsaxe stattfindet, dass der Körper nicht nur aus symmetrischen Stücken, den Antimeren, sondern auch aus gleichartig aufeinander folgenden Theilen, den Metameren, zusammengesetzt ist. Dies führt uns auf den Begriff der Gliederung oder Segmentirung.

Innere und äussere Gliederung.

Von Gliederung oder Segmentirung spricht man, wenn der Körper eines Thieres aus zahlreichen Segmenten oder Metameren besteht (cf. Fig. 56). Vielfach ist das äusserlich schon zu erkennen, wenn nämlich die Segmentgrenzen auf der Oberfläche durch Einkerbungen markirt sind. Die „äussere Gliederung“ kann aber gänzlich fehlen und die Gliederung nur innerlich in der reihenweisen Aufeinanderfolge, in der metameren oder segmentalen Anordnung der Organe, zum Ausdruck kommen. Der Mensch ist z. B. nur innerlich gegliedert, weil unter Anderem sein Skelet aus zahlreichen gleichwerthigen Stücken, den Wirbeln, besteht, die in der Längsaxe aufeinander folgen. Beim Fisch besteht auch die Muskulatur, wovon man sich an jedem gekochten Fisch leicht überzeugen kann, aus zahlreichen Muskelsegmenten. Bei dem auch äusserlich gegliederten Regenwurm kehren in jedem Segment die Ganglienknötchen, die Gefässschlingen, die Nierencanälchen oder Segmentalorgane, die Borstenbüschel und die Scheidewände der Leibeshöhle wieder.

Homonome und heteronome Gliederung.

Die genannten Beispiele sind zugleich geeignet, um das Wesen der verschiedenen Formen der Gliederung, der homonomen und heteronomen Gliederung, zu erläutern. Der Regenwurm ist homonom gegliedert, weil die einzelnen Segmente im Bau einander ausserordentlich gleichen und nur geringfügige Unterschiede zwischen dem Kopf, dem Hinterende und den Genitalsegmenten vorhanden sind. Die Menschen und alle Wirbelthiere sind dagegen heteronom gegliedert, weil die aufeinander folgenden Segmente trotz mancher Uebereinstimmung einander sehr unähnlich geworden sind. Die Segmente des Kopfes haben eine ganz andere Bedeutung für den Gesammtorganismus wie die des Halses oder der Brust oder gar der Schwanzregion.

Zwischen den Segmenten eines heteronomen Thieres ist eine Arbeitstheilung eingetreten.

Die Unterschiede zwischen Heteronomie und Homonomie sind von hervorragendem physiologischem Interesse. Je verschiedenartiger die Segmente eines Thieres geworden sind, um so mehr sind sie, um normal functioniren zu können, aufeinander angewiesen, um so einheitlicher zusammengefügt ist das Ganze, so dass die einzelnen Theile nur in ihrem Zusammenhang zu leben vermögen. Umgekehrt ist der Zusammenhalt der Theile um so lockerer, je gleichartiger sie sind, je mehr sie im Falle der Trennung für einander vicariiren können. Dies äussert sich am schönsten bei Verstümmelungen. Manche Lumbriciden kann man durchschneiden und beobachten, dass nicht nur jedes Stück für sich weiter lebt, sondern dass es sogar das Fehlende ergänzt; wenn dagegen ähnliche Eingriffe heteronom gegliederte Thiere betreffen, tritt entweder sofort der Tod ein, wie bei den höheren Wirbelthieren, oder die Stücke leben nur kurze Zeit eine hoffnungslose Existenz weiter, wie Frösche, Schlangen, Insecten etc. erkennen lassen. Bei der Gliederung wiederholt sich somit eine Erscheinung, welche im Thierreich eine weite Verbreitung besitzt und zu der höheren Entwicklung desselben beiträgt: zunächst tritt eine Vervielfältigung der Theile (hier der Segmente) ein, dann wieder eine Arbeitstheilung, so dass das Endresultat ein vieltheiliges, trotzdem aber wieder einheitlich organisirtes Ganze ist.

II. Allgemeine Entwicklungsgeschichte.

Da jede Entwicklung mit einem Act der Zeugung beginnt, so haben wir zunächst in diesem Kapitel zu erörtern, in welcher Weise Organismen neu entstehen können. Wenn wir hierbei allein das Gebiet des Beobachteten berücksichtigen wollten, so müssten wir uns an den alten Satz des berühmten Engländers Harvey halten: Omne vivum ex ovo, und denselben etwas modificirend sagen: Omne vivum ex vivo, dass jeder lebende Organismus von einem anderen lebenden Organismus abstammt. Wir müssten uns auf die Entstehungsweisen beschränken, welche man als Tocogonie oder Elternzeugung bezeichnet hat. Die grosse Bedeutung, welche jedoch die Lehre von der elternlosen Zeugung oder der Urzeugung in der Neuzeit durch den Darwinismus wieder gewonnen hat, macht ein Eingehen auf dieselbe an dieser Stelle nöthig.

1. Generatio spontanea. Archigonie.

Die alten Zoologen, selbst Aristoteles, liessen zahlreiche Thiere, darunter auch höher organisirte Formen, wie Frösche und die meisten Insecten, aus dem Schlamm durch Urzeugung entstehen. Erst im 17. und 18. Jahrhundert fand diese Lehre ihre energischen Gegner in Spallanzani, Francesco Redi, Rösel v. Rosenhof, Swammerdam u. A., welche den experimentellen Beweis beizubringen suchten,

dass alle Thiere Eier legen, welche durch das Sperma des Männchens befruchtet werden müssen, um sich weiter zu entwickeln. Gegenüber diesen überzeugenden Untersuchungen flüchtete sich die Lehre von der Urzeugung auf das Gebiet der Naturgeschichte der niederen Thiere. Sie fand hier neue Stützpunkte in dem Auftreten der Parasiten im Innern anderer Thiere, welche bei Beginn ihres Lebens zweifellos frei von Inwohnern gewesen sein mussten. Die Parasitologen nahmen an, dass die Parasiten aus dem überschüssigen plastischen Material ihrer Wirthe vollkommen neu entständen, bis durch eine Reihe Epoche machender Arbeiten die Wege festgestellt wurden, auf denen die aus Eiern sich entwickelnden Jugendformen der Parasiten in den Körper ihres Wirths hinein gelangen. Als Beweis für die Lehre von der Urzeugung galt endlich bis in die Neuzeit die Thatsache, dass sich in gänzlich unbelebten Gläsern mit Wasser nach einiger Zeit thierisches und pflanzliches Leben bemerkbar macht, dass namentlich einzellige Organismen, Infusionsthierchen etc., in solchen Gläsern auftreten, dass ferner organische Flüssigkeiten unter der Entwicklung niederster Pflanzen, der Bacterien, in Fäulniss übergehen. Jetzt wissen wir, dass in allen diesen Fällen Keime von Organismen, welche durch die Luft verschleppt worden waren, Veranlassung zu der Neuentwicklung von Leben gewesen sind. Tödtet man durch Erhitzen der Gläser und Kochen der Flüssigkeiten die Keime ab und verhindert man durch geeignete Verschlussmittel den Zutritt neuer Lebensträger, so bleibt eine derartige „sterilisirte Flüssigkeit“ dauernd unverändert. Freilich hat sich dabei herausgestellt, dass die Keime, namentlich von Bacterien, eine ganz aussergewöhnliche Widerstandskraft entwickeln und nicht selten mehr als 10 Minuten gekocht werden müssen, ehe sie zu Grunde gehen. Als Endresultat aller neueren Versuche und Beobachtungen kann nur das Eine gelten, dass die derzeitige Existenz einer Urzeugung nicht bewiesen ist. Nun fragt sich, mit welchem Rechte kann man daraus folgern, dass Urzeugung weder existirt noch je existirt hat.

Wer entsprechend den Lehren der Astronomie die Ansicht vertritt, dass unser Erdball sich einmal in einem feurig-flüssigen Zustand befunden hat und erst allmählig erkaltete, muss annehmen, dass das Leben auf der Erde nicht von Urewigkeit existirte, sondern einmal seinen Anfang gehabt hat. Will er ferner nicht einen übernatürlichen Schöpfungsact oder willkürlich aufgestellte Hypothesen, wie die von der Verschleppung lebender Keime von anderen Weltkörpern mittelst der Meteore, zur Erklärung heranziehen, so bleibt ihm nur die Hypothese übrig, dass nach den allgemein giltigen und jetzt noch zu beobachtenden Gesetzen der Affinität oder chemischen Wahlverwandtschaft Verbindungen von Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Schwefel und Stickstoff sich zusammengefügt haben, um lebende Substanz zu erzeugen. Diesen Prozess nennt man Urzeugung. Da der Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff etc., welche jetzt in Organismen festgelegt sind, damals noch disponibel waren, mögen die Bedingungen für die Entstehung organischer Verbindungen, durch deren weiteres Zusammentreten das Leben möglich wurde, günstiger gewesen sein. So gestaltet sich die Hypothese von der ersten Entstehung des Lebens durch Urzeugung zu einem logischen Postulat.

Die Lehre kann aber nicht weiter dahin ausgedehnt werden, dass auch jetzt noch Urzeugung existiren muss. Hierfür kann nicht nur kein zwingender Grund geltend gemacht werden, vielmehr spricht sogar

Mancherlei dagegen. Wie Darwin in seiner Lehre vom Kampf um's Dasein in überzeugender Weise dargethan hat, sind die Existenzmöglichkeiten auf der Oberfläche unseres Erdballs erschöpft. Neue Lebewesen sind nur möglich, wenn andere zu Grunde gehen. Wie sollte da die Urzeugung noch weiter an einer Vermehrung der Individuen und Arten thätig sein können, wo für die günstiger situirte lebende Materie der Raum nicht ausreicht?

2. Elternzeugung oder Tocogonie.

Nach den vorausgeschickten Erörterungen haben wir uns hier nur mit den Fortpflanzungsarten, welche thatsächlich beobachtet worden sind, zu befassen, mit den Elternzeugungen. Dieselben zerfallen vornehmlich in 2 grosse Gruppen, die ungeschlechtliche und die geschlechtliche Zeugung, Monogonie und Amphigonie, zu denen eine dritte Gruppe, die gemischten Fortpflanzungsweisen, noch hinzukommt.

a. Ungeschlechtliche Fortpflanzung. Monogonie.

Zum Wesen der ungeschlechtlichen Fortpflanzung gehört zunächst, dass bei ihr nur ein einziger Organismus thätig ist. Da nun bei gewissen geschlechtlichen Fortpflanzungsweisen, wie bei der Fortpflanzung hermaphroditer Thiere und der Parthenogenesis, dieser Satz ebenfalls zutrifft, so bedarf er noch der Erläuterung. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung wird durch ein starkes Wachsthum des Organismus vorbereitet; sie ist, wie man sich ausgedrückt hat, ein Wachsthum über das individuelle Maass. Sobald ein Organismus eine bestimmte ihm zukommende Grösse erreicht hat, vertheilt sich sein Körpermaterial auf 2 oder mehr Thiere. Das Wachsthum des Organismus kann nun entweder ein allgemeines sein und zu einer gleichmässigen Vergrösserung des Thieres in allen seinen Theilen führen, oder es ist localisirt und bedingt eine partielle Vergrösserung und demgemäss die Bildung eines Auswuchses in der Gegend des starken Wachsthums; im ersteren Falle kommt es zur Theilung, im letzteren Fall zur Knospung.

Bei der Theilung (cf. Fig. 140) zerfällt ein Thier in 2 oder mehr unter einander gleichwerthige Stücke, so dass es nicht möglich ist, Mutter- und Tochterthiere zu unterscheiden; denn das ursprüngliche Thier hat sich vollkommen in die junge Generation aufgelöst. Die Theilung ist gewöhnlich eine Quertheilung, wobei die Theilebene senkrecht zur Längsaxe des Thieres steht; seltener ist Längstheilung, am seltensten die Schrägtheilung (die Theilungsebene schneidet in der Richtung der Längsaxe durch, oder bildet mit ihr einen spitzen Winkel). Theilung.

Bei der Knospung sind die sich ergebenden Producte ungleichwerthig. Das eine Thier führt den Bau des Mutterthieres weiter, der durch locales Wachsthum bedingte Auswuchs dagegen, die Knospe, erscheint als eine Neubildung, als das Tochterindividuum. Immerhin ist der Unterschied zwischen Theilung und Knospung kein unvermittelter; wenn wir von der Zweitheilung ausgehen, so wird dieselbe sich der Knospung in gleichem Maasse nähern, als die Theilproducte ungleich werden, so dass das eine mehr und mehr den Charakter einer Knospe, das andere den Charakter des fortexistirenden Mutterthieres annimmt. Solche Uebergänge sind namentlich bei der terminalen Knospung möglich, wo die Knospe in der Verlängerung des Mutterthiers an dem Knospung.

einen Ende der Hauptaxe auftritt. Der Charakter der Knospung ist dagegen unverkennbar, wenn die Knospe unter Neubildung ihrer Körperaxe als ein seitlicher Auswuchs der Mutter entsteht (Fig. 87), oder wenn von einem gemeinsamen Mutterthier gleichzeitig zahlreiche Knospen abgeschnürt werden (cf. Fig. 21) (laterale und multiple Knospung).

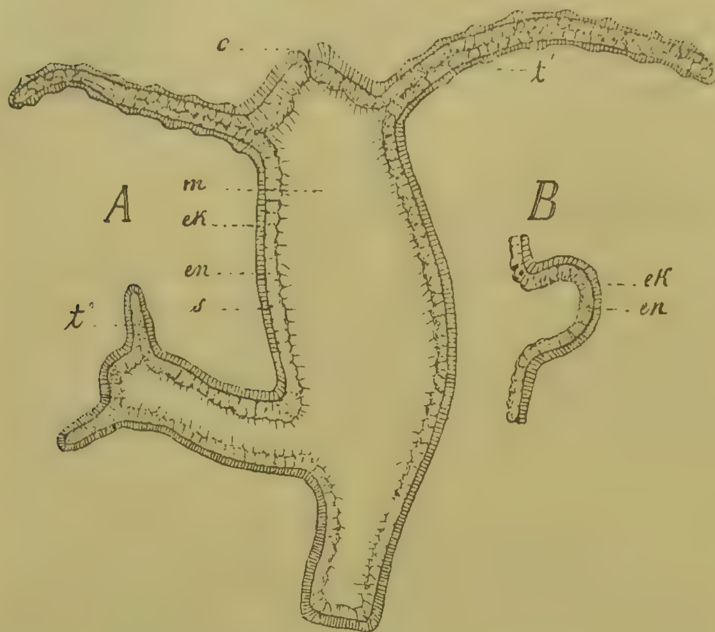


Fig. 87. *A* Hydra grisea in Knospung auf dem optischen Längsschnitt, daneben *B* erste Anlage einer Knospe. *en* Entoderm, *ek* Ectoderm, *s* Stützlamelle, *t'* Tentakeln des Mutterthieres, *t''* Tentakeln der Knospe, *m* Magen, *o* Mundöffnung.

b. Geschlechtliche Fortpflanzung; Amphigonie.

Zur geschlechtlichen Fortpflanzung gehören gewöhnlich zwei Thiere, ein männliches und ein weibliches; die Fortpflanzungszellen des einen, die Eier, müssen von den Fortpflanzungszellen des anderen, den Spermatozoen, befruchtet werden und erhalten dadurch die Fähigkeit, einen neuen Organismus aus sich heraus zu erzeugen. Da es nun hermaphrodite Thiere giebt, welche Eier und Spermatozoen gleichzeitig erzeugen, und da für viele derselben wenigstens die Möglichkeit der Selbstbefruchtung sicher erwiesen ist, so ist es klar, dass der Schwerpunkt bei der Definition der geschlechtlichen Fortpflanzung nicht auf die Individuen, sondern auf deren Geschlechtsproducte gelegt werden muss. Das Wesen der geschlechtlichen Fortpflanzung würde demnach in der Vereinigung der männlichen und weiblichen Geschlechtszellen zu suchen sein.

Diese Erklärung passt für die weitaus überwiegende Mehrzahl der Fälle, namentlich für alle die Fälle, von denen der Begriff „geschlechtliche Fortpflanzung" abgeleitet wurde. Im Laufe der letzten 20 Jahre ist jedoch in überzeugender Weise bewiesen worden, dass zwei Fortpflanzungsweisen, welche man früher zur Monogonie rechnete, die

Parthenogenesis. Paedogenesis.

Parthenogenese und die Paedogenese, als besondere Modificationen der geschlechtlichen Fortpflanzung angesehen werden müssen, obwohl sie den oben aufgestellten Bedingungen nicht vollkommen genügen. In beiden Fällen entwickeln sich die Eier, ohne dass eine Befruchtung durch Samen vorangegangen wäre, aus eigenem innerem Antriebe. Bei der Paedogenese kommt noch das Besondere hinzu, dass die Fortpflanzung sich an Thieren vollzieht, welche das Ende der normalen Entwicklung nicht erreicht haben: es pflanzen sich z. B. die Larven gewisser Fliegen fort, bevor sie sich verpuppt haben und zu Fliegen geworden sind. Paedogenese ist somit die Parthenogenesis eines jugendlichen Organismus.

Einige Forscher haben versucht, die Parthenogenesis von der geschlechtlichen Fortpflanzung auszuschliessen, indem sie die parthenogenetisch sich entwickelnden Eier für Pseudova erklärten, für Gebilde, welche thatsächlich keine Eier seien. Diese Ansicht ist gänzlich unhaltbar gegenüber dem Nachweis, dass die „Pseudova“ vollkommen wie gewöhnliche Eier entstehen und auch wie diese sich weiter entwickeln, indem sie sich theilen und Keimblätter bilden. Am überzeugendsten ist die Gleichwerthigkeit der parthenogenetischen Eier mit denen, welche befruchtet werden, bei den Bienen bewiesen, bei denen die gleichen Zellen, je nachdem sie weibliche oder männliche Thiere liefern sollen, von der Königin beim Eierlegen mit Spermatozoen versehen werden oder nicht. Parthenogenesis ist daher nicht eine ungeschlechtliche Fortpflanzung, welche die geschlechtliche vorbereitet, sondern vielmehr eine Fortpflanzung, welche aus der geschlechtlichen abgeleitet werden muss; sie ist eine geschlechtliche Fortpflanzung, bei welcher es zu einer Rückbildung der Befruchtung gekommen ist. In Erwägung dieser Verhältnisse müssen wir uns an die Auffassung gewöhnen, dass für das Wesen der geschlechtlichen Fortpflanzung die Befruchtung (der Zutritt der Spermatozoen) zwar einen äusserst wichtigen, keineswegs aber einen unerlässlichen Charakterzug bildet. Für alle zur Amphigonie gehörigen Fälle passt nur die Definition: „die geschlechtliche Fortpflanzung ist eine Fortpflanzung durch Geschlechtszellen.“

Die Unterschiede der Geschlechtszellen von den ungeschlechtlichen Fortpflanzungskörpern, den Theilstücken und Knospen, ergeben sich aus ihren Beziehungen zu den Lebensprocessen des Thieres. Die Zellen einer Knospe haben vor Eintritt der Fortpflanzung an den Lebensprocessen des Thieres Antheil gehabt, sie waren functionirende oder „somatische“ Zellen. Wenn bei unserem Süsswasserpolyp eine Knospe entsteht, so ist das Zellenmaterial, welches zur Verwendung kommt, bisher vom Mutterthier ganz ebenso verwandt worden, wie die übrigen Theile der Körperwand. Die Geschlechtszellen eines Thieres sind dagegen dauernd oder wenigstens auf längere Zeit von den Lebensverrichtungen ausgeschlossen gewesen, als Zellen, welche in einem Ruhezustand verharrt hatten, deren Lebensenergie während dieser Ruhe geschont worden war. Daher fehlen auch bei der geschlechtlichen Fortpflanzung die Beziehungen zum Wachsthum, welche bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung so auffällig sind. Denn wenn auch häufig die geschlechtliche Fortpflanzung erst nach beendigtem Körperwachsthum eintritt, so kommt es doch ebenso häufig und noch häufiger vor, dass Thiere, wie z. B. alle Fische, noch nach Eintritt der Geschlechtsreife auf das Doppelte und Mehrfache ihrer Körpergrösse weiterwachsen. Die geschlechtliche Fortpflanzung ist eben keine besondere Form des Wachsthums, sondern eine völlige Erneuerung des Organismus, eine Verjüngung desselben. Daraus erklärt sich die wichtige Erscheinung, dass die ungeschlechtliche Fortpflanzung immer mehr von der geschlechtlichen verdrängt wird, je höher die Organisation des Thieres ist, je mehr sich die Lebensenergie seiner Zellen verbrauchen muss, um den gesteigerten Ansprüchen an die Leistungsfähigkeit zu genügen.

c. Combinirte Fortpflanzungsweisen.

Sehr häufig kommen bei einer und derselben Thierspecies zweierlei Fortpflanzungsweisen neben einander vor. Viele Corallen und Würmer haben sowohl die Fähigkeit, sich durch Theilung oder Knospung zu

vermehren, als auch Eier und Spermatozoen zu bilden; andere wiederum besitzen zwar keine ungeschlechtliche Fortpflanzung, ihre Eier aber entwickeln sich je nach Umständen entweder parthenogenetisch oder nach vorausgegangener Befruchtung. Das Auftreten von zweierlei Fortpflanzungsarten ist nun vielfach in der Weise geregelt, dass Individuen mit verschiedener Fortpflanzung in einem ganz bestimmten Rhythmus mit einander alterniren. Man nennt eine derartige Entwicklung Generationswechsel im weiteren Sinne und unterscheidet zwei besondere Formen desselben, die Metagenesis oder den Generationswechsel im engeren Sinne (progressiven Generationswechsel), und die Heterogonie (regressiven Generationswechsel).

Progressiver Generationswechsel. Metagenesis.

Generationswechsel im engeren Sinne oder Metagenesis ist der Wechsel von mindestens zwei Generationen, von denen die eine sich nur ungeschlechtlich, durch Theilung oder Knospung, vermehrt, die andere ausschliesslich oder doch vorwiegend geschlechtlich. Die erste Generation heisst die Amme, die zweite das Geschlechtsthier. Das beste Beispiel liefert die Fortpflanzung der Hydromedusen (Fig. 88). Die Ammen sind hier die Polypen, welche meist zahlreich unter einander zu einer Colonie vereint sind, niemals Geschlechtsorgane erzeugen, wohl aber Geschlechtsthiere, die Medusen. Die Medusen sind den Polypen vollkommen unähnlich, viel höher organisirt, freibeweglich; sie haben nur ausnahmsweise die ungeschlechtliche Fortpflanzung bewahrt; dagegen entwickeln sie Eier und Spermatozoen, aus denen die festsitzenden Ammen, die Polypen, entstehen. Das Beispiel lehrt zugleich, dass beim Generationswechsel nicht nur ein Unterschied in der Fortpflanzungsweise vorhanden ist, sondern dass meistens noch dazu ein Unterschied in der Gestalt und Organisation kommt. Zwischen Polyp und Meduse ist der Unterschied so gross, dass man beide, obwohl Repräsentanten derselben Art, lange Zeit in ganz verschiedenen Classen des Thierreichs unterbrachte. — In manchen Fällen kann sich der Generationswechsel noch dadurch compliciren, dass 2 ungeschlechtliche Generationen auf einander folgen, ehe die Rückkehr zur geschlechtlichen Fortpflanzung eintritt; dann spricht man von Grossamme, Amme und Geschlechtsthier.

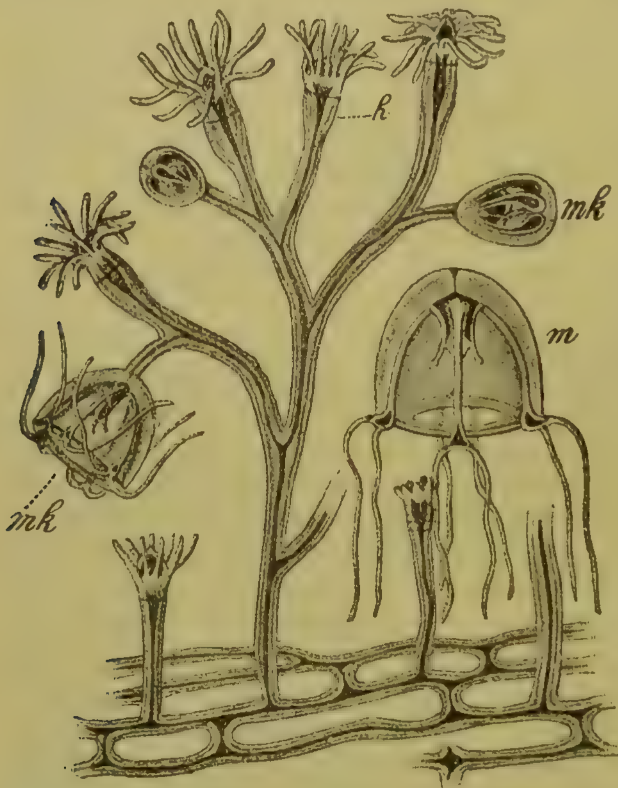


Fig. 88 Bougainvillea ramosa (aus Lang). *h* Hydranthen, welche Medusenknospen (*mk*) erzeugen (Amme), *m* losgelöste Meduse Margelis ramosa (Geschlechtsthier).

Heterogonie.

Die Heterogonie unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Generationswechsel oder der Metagenesis dadurch, dass die ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Parthenogenesis ersetzt ist. Es

alterniren somit Thiere von manchmal ganz verschiedenem Bau, von denen die einen von befruchteten, die anderen von unbefruchteten Eiern abstammen. Gewisse Krebse, die Daphniden, zeigen die Heterogonie in typischer Weise. Lange Zeit im Jahre findet man nur Weibchen, die sich parthenogenetisch durch Sommereier vermehren; vorübergehend treten dann Männchen auf; sie befruchten die inzwischen gebildeten Wintereier, aus denen wiederum parthenogenetische Generationen hervorgehen. — Die Heterogonie hat man vielfach von der Metagenesis nicht genügend unterschieden, meistens deswegen, weil man die parthenogenetische Fortpflanzung für eine ungeschlechtliche hielt; so bei den Trematoden. Die geschlechtsreifen Distomen erzeugen die ganz abnorm gestalteten Sporocysten, diese liefern parthenogenetisch wieder die Larven der Distomen, die Cercarien. Lange Zeit huldigte man hier der irrthümlichen Ansicht, dass die Zellen, aus denen die Cercarien abstammen, keine Eier, sondern „innere Knospen“, „Keimkörner“ seien (vergl. Fig. 210). — Unter die Heterogonie hat man andererseits auch Fortpflanzungsweisen aufgenommen, bei denen gar keine Parthenogenesis vorkommt. Man nennt Heterogonie auch die Fälle, wenn zwei Generationen alterniren, welche nur verschiedene Gestalt und Organisation haben. In der Froschlunge wohnt die Ascaris nigrovenosa, ein hermaphroditer Wurm; er erzeugt das getrennt geschlechtliche, im Schlamm lebende Rhabdonema nigrovenosum, aus dessen Eiern wieder die Froschascariden entstehen.

Die Verbreitung der Fortpflanzungsweisen im Thierreich lehrt nun in überzeugender Weise, dass die ungeschlechtliche Fortpflanzung die niedere, die geschlechtliche die höher entwickelte Art der Vermehrung ist. Ungeschlechtliche Vermehrung ist die herrschende bei Protozoen, theilt sich mit der geschlechtlichen in den Antheil an der Vermehrung bei Coelenteraten und verschwindet bei den Würmern, um bei Echinodermen und allen höheren Thieren gar nicht mehr vorzukommen. Umgekehrt ist die geschlechtliche Fortpflanzung bei den Protozoen nur in den ersten Anfängen wahrzunehmen, sie verdrängt die ungeschlechtliche allmählig bei Coelenteraten und Würmern und wird zur herrschenden bei den Echinodermen und den höheren Thieren. Die Parthenogenesis tritt, man möchte sagen, eingesprengt im Gebiet der geschlechtlichen Fortpflanzung namentlich bei den Arthropoden, seltener bei den Würmern auf; die Art, wie dies geschieht, wie neben den streng geschlechtlichen Fortpflanzungsarten sich die parthenogenetischen einstellen, ist ein sicherer Beweis, dass hier überall ursprünglich eine normale Befruchtung herrschte und nur besondere Lebensbedingungen es mit sich brachten, dass die Eier die Fähigkeit erhielten, ohne Sperma sich zu entwickeln. Für viele Fälle ist es sicher erwiesen, dass die Parthenogenesis die Aufgabe hat, durch Ersparung der Männchen eine rasche Ausbreitung der Art zu ermöglichen. So lange Parthenogenesis herrscht, verbreiten sich Blattläuse und Flohkrebse mit ganz ausserordentlicher Schnelligkeit über ein ihnen zugängiges Gebiet, während das Auftreten von Männchen eine langsamere Vermehrung bedingt.

Allgemeine Erscheinungen der geschlechtlichen Fortpflanzung.

Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung kommen eine Reihe von Entwicklungsvorgängen zur Beobachtung, welche in principiell gleicher Weise bei allen vielzelligen Thieren wiederkehren und daher hier im

Zusammenhang besprochen werden sollen: das sind 1. die Reife der Eier, 2. der Befruchtungsprocess, 3. der Furchungsprocess, 4. die Bildung der 3 Keimblätter.

1. Eireife.

Das Ei mit dem grossen bläschenförmigen Kern, dem Keimbläschen, wie wir es in der Histologie kennen gelernt haben, kann noch nicht befruchtet werden; um befruchtungsfähig zu werden, muss es eine Summe von Veränderungen durchmachen, die Reifeerscheinungen, welche darin bestehen, dass das Keimbläschen durch den sehr viel kleineren Eikern ersetzt wird und dass gleichzeitig an dem einen Pol des Eies die Richtungskörperchen (Polkörperchen) abgeschnürt werden.

Bildung der Richtungskörperchen. Das Keimbläschen macht mit den Umwandlungen den Anfang, indem seine Wandung aufgelöst, sein Inhalt zum Theil dem Protoplasma des Eies beigemengt, zum Theil zur Bildung einer Kernspindel verbraucht wird. Die letztere, auch die Richtungsspindel genannt, stellt

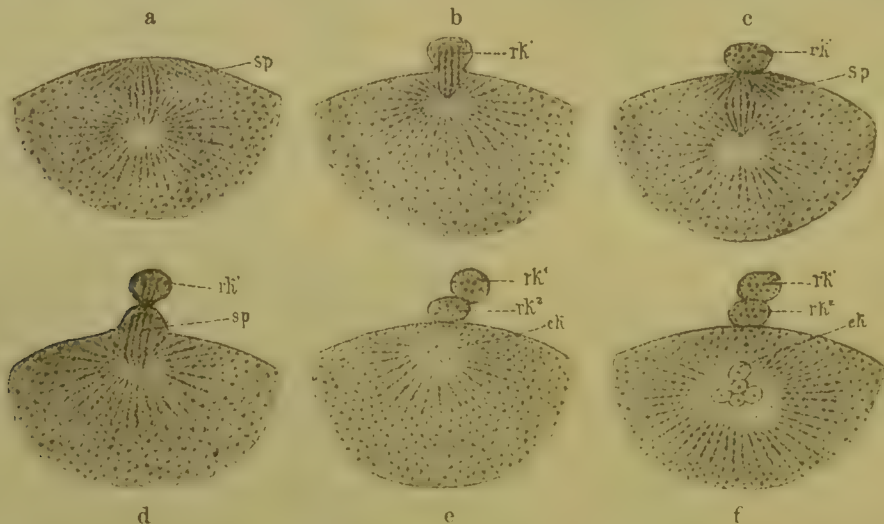


Fig. 89. Verschiedene Stadien der Richtungskörperbildung von Asterias glacialis. *sp* Richtungsspindel, rk^1 erster Richtungskörper, rk^2 zweiter Richtungskörper, *ek* Eikern in Bildung.

sich mit ihrer Axe in einen Eiradius ein, so dass ihr einer Pol dem Centrum zugewandt, der andere in der oberflächlichsten Schicht des Eies befestigt ist. (Fig. 89 *a*.) Nunmehr beginnt ein regelmässiger Zelltheilungsprocess, nur dass die Theilproducte sehr ungleich gross sind: das grössere Theilstück ist das Ei, das kleinere, ganz unansehnliche Theilstück ist der Richtungskörper. (Fig. 89 *b*, *c*.) Letzterer erhebt sich über die Eioberfläche als ein Hügel empor, in den die Richtungsspindel mit ihrer einen Hälfte hineinragt; bei der Abschnürung wird diese Hälfte in den Richtungskörper hinübergenommen.

Der im Ei verbleibende Theil der Richtungsspindel ergänzt sich sofort zu einer neuen Spindel; die Zellknospung wiederholt sich und führt zur Bildung des zweiten Richtungskörpers. In Folge dessen liegen an dem einen Ende des Eies zwei kleine Zellen, in vielen Fällen sogar drei, da während der Bildung des zweiten Richtungskörpers der erste sich ebenfalls noch einmal getheilt haben kann. (Fig. 89 *d*–*f*.) Der nach der zweiten Theilung noch übrige Rest der Richtungsspindel ist zu einem ruhenden bläschenförmigen Kern, welchen wir Eikern nennen, geworden, das charakteristische Merkmal des reifen, befruchtungsfähigen

Eies. Mit anderen Worten, durch doppelte Theilung sind aus dem unreifen Ei 4, resp. 3 Zellen entstanden, von denen die eine bei Weitem den grössten Theil der ursprünglichen Zellenmasse übernommen hat und das reife Ei darstellt, während die übrigen zwei oder drei kleine Körper sind, gleichsam rudimentäre Eier. Den Namen Richtungskörperchen haben dieselben dem Umstand zu verdanken, dass ihre Lage in sehr vielen Fällen eine bestimmte Orientirung im Ei ermöglicht: man kann durch das Ei einen Durchmesser, die Hauptaxe, legen, dessen eines Ende durch die Richtungskörperchen bezeichnet wird. Mit Rücksicht auf spätere Entwicklungsprocesse nennt man dieses Ende den animalen Pol des Eies, das entgegengesetzte Ende den vegetativen Pol.

In den meisten Fällen verläuft die Eireife schon vor der Besamung des Eies entweder im Eierstock selbst oder im Anfang der Ausführwege; bei manchen Thieren tritt dagegen eine Ruhepause ein, wenn die erste Richtungsspindel gebildet worden ist; das Ei bedarf dann des Zusatzes von Samen, damit die weiteren Vorgänge, Abschnürung der Richtungskörper und Reconstruction des Eikerns, zu Ende geführt werden. Diese Abhängigkeit der letzten Reifeerscheinungen vom Eintritt der Befruchtung hat lange Zeit zu dem Irrthum geführt, dass die Bildung der Richtungskörper einen Theil der Befruchtungsvorgänge selbst ausmache.

2. Befruchtung.

Wenn man den Ausdruck „Befruchtung" im wissenschaftlichen Sinne anwenden will, so muss man ihn auf die intimen Vorgänge beschränken, welche sich nach dem Zusammentreffen der Eier und Spermatozoen im Innern der ersteren abspielen und mit einer vollkommenen Verschmelzung beider Geschlechtszellen endigen; dagegen muss man besondere Ausdrücke für die vorbereitenden Vorgänge wählen, welche den Zweck haben, die Befruchtung zu ermöglichen. Sehr häufig ist zu diesem Zweck die active Uebertragung des Samens von dem Männchen auf das Weibchen nöthig, die Begattung; indessen nicht immer. Begattung.
Bei vielen Wasser bewohnenden Thieren, namentlich bei den meisten Fischen, Echinodermen, Coelenteraten, werden Eier und Spermatozoen in das Wasser entleert und der Zufall bedingt ihre Vereinigung, die Besamung der Eier. Man kann dann, was sich in der Natur Besamung.
vollzieht, künstlich erzielen, aus den Geschlechtsorganen die reifen Producte entleeren und sie zur Vereinigung bringen; man kann z. B. aus dem Uterus eines Froschweibchens die Eier entnehmen und mit Sperma aus den Samenbläschen des Männchens besamen, oder durch geeigneten Druck auf den Leib laichreifer Fische die Eier in eine Schüssel, das Sperma in eine zweite Schüssel sammeln und den Inhalt der letzteren auf die erstere ausgiessen und so in vielen Fällen eine vollkommen naturgemässe Entwicklung erzielen. Man nennt ein solches Verfahren künstliche Befruchtung; richtiger würde es sein, von künstlicher Besamung zu reden.

Gehen wir nun auf die Befruchtungsvorgänge im engeren Sinne Befruchtung.
ein, so beginnen dieselben mit dem Eindringen des Spermatozoon in das Ei. Gewöhnlich ist das Ei von einer gallertigen Hülle, dem Chorion, umgeben, auf dessen Oberfläche die Spermatozoen bei der Besamung haften bleiben und durch das sie sich durchbohren, bis sie die Oberfläche des Dotters erreichen. (Fig. 90.) Da nun aber das Chorion namentlich bei Eiern, welche an der Luft abgelegt werden,

hart und unnachgiebig sein kann, existirt häufig an ihm eine besondere Einrichtung, welche den Spermatozoen den Zugang ermöglicht, der Micropylapparat; derselbe ist ein einziger die Dicke des Chorion durchbohrender Canal wie bei den Fischen oder ein ganzes Büschel solcher Canäle wie bei fast allen Insekten.

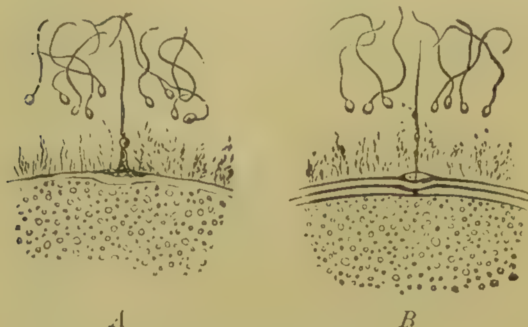


Fig. 90. Ei von Asterias glacialis während der Befruchtung. *A* Eindringen des Spermatozoon, *B* das Spermatozoon ist eingedrungen, die Dottermembran gebildet (nach Fol).

Durch die Gallerthülle oder den Micropylcanal können viele Spermatozoen eindringen, zur Befruchtung dient unter normalen Verhältnissen stets nur ein einziges. Demjenigen Spermatozoon, welches einen wenn auch noch so kleinen Vorsprung vor den übrigen gewonnen hat, sendet das Ei einen Fortsatz entgegen, auf welchem es in das Innere des Dotters einwandern kann; damit wird das Ei unzugängig für alle übrigen Samenfäden, welche unbenutzt zu Grunde gehen. Nur bei krankhaft veränderten oder durch langes Liegen geschädigten Eiern kann es vorkommen, dass 2 oder mehr Spermatozoen eindringen. Der normalen Einfachbefruchtung oder Monospermie haben wir die Di- und Polyspermie, die Mehrfachbefruchtung, als pathologische Erscheinungen entgegenzustellen. Im Ei existiren gegen diese anomale Befruchtung Schutzvorrichtungen, welche durch Abnehmen der Lebensenergie ausser Thätigkeit gesetzt werden. Eine dieser Schutzvorrichtungen, aber keineswegs die einzige, ist die Bildung der Dottermembran. einer undurchgängigen Hülle, die plötzlich von der Oberfläche des Eies ausgeschieden wird, wenn ein Spermatozoon die Befruchtung vollzogen hat. Innerhalb der Dottermembran zieht sich der Körper des Eies unter Entleerung flüssiger Bestandtheile auf ein kleineres Volumen zusammen, so dass zwischen Dottermembran und Eioberfläche ein Zwischenraum entsteht, an welchem man kleinere, befruchtete Eier leicht erkennen kann. (Fig. 90*B*.)

Monospermie und Polyspermie.

Wenn das Spermatozoon in das Ei eingedrungen ist, dann sind von seinen Bestandtheilen der Kopf und das Mittelstück noch deutlich erkennbar, nach der in der Histologie gegebenen Deutung die chromatischen und achromatischen Theile des Kerns des Spermatozoons oder des Spermakerns, während der Schwanzfaden und das etwa vorhandene Protoplasma vom Dotter des Eies amalgamirt worden sind. Im Protoplasma des Eies erzeugt das achromatische Ende des Spermakerns eine intensive Strahlung, wie sie auch während der Theilung beobachtet wird. Die Strahlung voran wandert der Spermakern auf den Eikern zu, bis er ihn erreicht hat (Fig. 91); er vereinigt sich mit ihm und bildet mit ihm gemeinsam einen einheitlichen Kern, den Furchungskern, welcher nun rasch zu einer Kernspindel (Furchungsspindel) wird und somit den Anstoss zum Beginn der Embryonalentwicklung, zur Theilung des Eies (Eifurchung) giebt. Da erst hiermit die Befruchtung abgeschlossen ist, so gelangen wir zu dem fundamental wichtigen Satz, dass das Wesen der Befruchtung in der Vereinigung von Ei- und Spermakern besteht.

In vielen Fällen kann eine Abkürzung der Entwicklung eintreten.

indem das Stadium des Furchungskerns ausfällt und Ei und Spermakern ohne vorherige Vereinigung direct in die Furchungsspindel übergeführt werden. Diese Fälle ändern nichts an dem oben aufgestellten Satz, wohl aber sind sie wichtig, weil sie deutlicher erkennen lassen, in

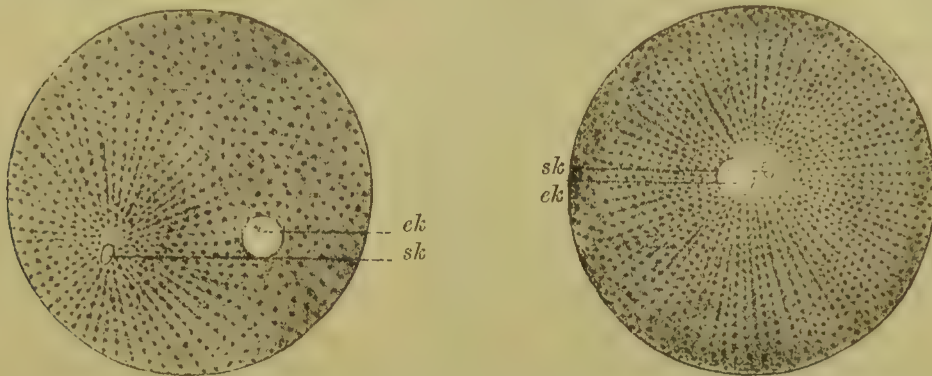


Fig. 91. Befruchtungsstadien des Seeigeleies (nach O. Hertwig). Spermakern *sk* mit Strahlung, in dem einen Ei oberflächlich, in dem anderen Ei dicht am Eikern *ek* gelagert.

welcher Weise sich die beiden Kerne am Aufbau der Furchungsspindel betheiligen. Es ergiebt sich, dass von den Chromosomen, d. h. den chromatischen Elementen, welche die Aequatorialplatte des Kerns bilden, genau die eine Hälfte vom Eikern, die andere vom Spermakern geliefert wird. Denn ehe noch die Spindel entstanden und die Contour der beiden Kerne geschwunden ist, sind die für die Spindel bestimmten Chromosomen in jedem derselben vollkommen entwickelt. (Fig. 92.)

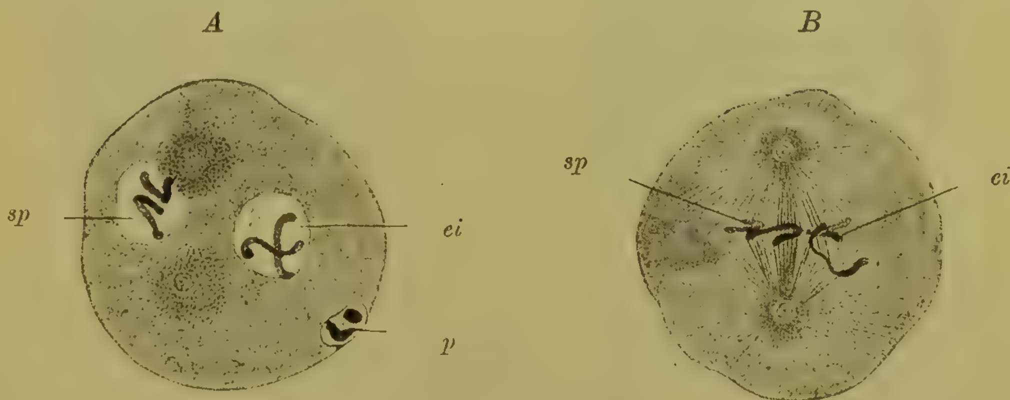


Fig. 92. Befruchtung von Ascaris megalocephala (nach Boveri). *A* Die Spindelenden (Centrosomen) gebildet, *B* die Spindel fertig gestellt, *sp* Spermakern resp. die aus ihm hervorgehenden Schleifen, *ei* Eikern, *p* Richtungskörperchen.

Die mitgetheilten Beobachtungen über die Befruchtung haben in der Neuzeit eine sichere Basis für die Lehre von der Vererbung geliefert. Unter Vererbung verstehen wir die Uebertragung der elterlichen Eigenschaften auf die Nachkommenschaft. Diese Uebertragung erfolgt im Grossen und Ganzen mit gleicher Energie von Seiten des Vaters wie der Mutter; wenn wir aus zahlreichen Fällen das Mittel ziehen, so sind die Eigenschaften des Kindes eine Resultante welche zwischen den Eigenschaften von Vater und Mutter die Mitte hält; oder Vererbung.

mit anderen Worten, die männlichen und weiblichen Individuen, im Durchschnitt betrachtet, haben gleichviel Vererbungsenergie.

Da bei allen Thieren mit äusserlicher Befruchtung ein materieller Zusammenhang zwischen Eltern und Nachkommenschaft nur durch die Geschlechtszellen vermittelt wird, so müssen diese die Substanzen enthalten, welche die Vererbung bewirken; ferner müssen bei der gleichen Vererbungsenergie beider die Vererbungssubstanzen im Ei und Spermatozoon in gleicher Menge vorhanden sein. Auf diesem Wege der Ueberlegung kommen wir dahin, mit grosser Bestimmtheit die chromatische Kernsubstanz, welche die Chromosomen liefert, als den Träger der Vererbung zu bezeichnen. Denn da wir wissen, dass das Ei grosse Mengen von Protoplasma, das Spermatozoon aber nur die allergeringsten Spuren davon enthält, dass dagegen Eikern und Spermakern gleichviel Substanz und namentlich gleichviel Chromosomen zur Furchungsspindel liefern, so genügt nur das Chromatin des Kernes den Ansprüchen, welche wir an eine Vererbungssubstanz stellen müssen. Hiermit gewinnt eine früher schon geäusserte Ansicht weitere Stützen, dass der Kern der Träger der Vererbung ist und den specifischen Charakter der Zelle bestimmt (cf. Seite 53).

3. Furchungsprocess.

Die befruchtete Eizelle theilt sich in rascher Aufeinanderfolge in 2, 4, 8, 16 etc. Zellen, die naturgemäss immer kleiner werden, da die Masse des Eies keine Zunahme erfährt. Man nennt die Zellen Furchungskugeln, den ganzen Vorgang den Furchungsprocess, weil bei jeder Theilung auf der Oberfläche Furchen entstehen, die immer tiefer durchschnüren (Fig. 93). Im Grossen und Ganzen herrscht die Regel,

Anordnung der Theilfurchen.

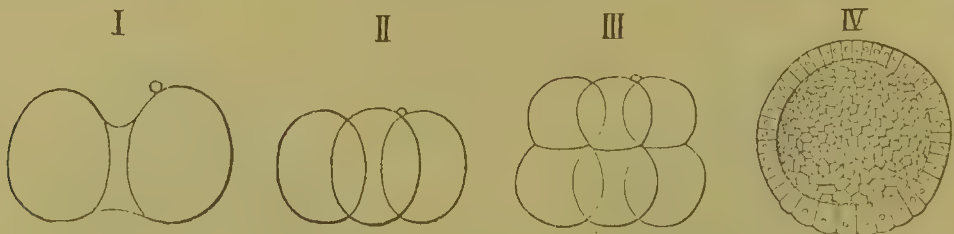


Fig. 93. Aequale Furchung von Amphioxus lanceolatus (nach Hatschek). I Zweitheilung (Bildung der ersten Meridionalfurche). II Viertheilung (zweite Meridionalfurche gebildet, Furchungskugel 4 verdeckt), III Achttheilung (Aequatorialfurche, Furchungskugel 7 und 8 verdeckt), IV Blastula auf dem optischen Durchschnitt; eine einschichtige Zellenblase umgiebt die Furchungshöhle. In I, II, III bezeichnet ein kleines Körperchen (Richtungskörperchen) den animalen Pol.

dass jede neue Furchungsebene sich möglichst senkrecht auf die vorhergehende stellt. Daher die Erscheinung, dass die 3 ersten Furchungsebenen, welche die 2-, 4- und 8-Theilung veranlassen, fast bei allen Thieren gleich angeordnet sind. Den Vergleich mit der Erdkugel zu Grunde legend spricht man von einer ersten und zweiten Meridionalfurche (I, II) und nennt die dritte Furche die Aequatorialfurche (III). Die Kreuzungspunkte der beiden Meridionalfurchen liefern uns die Pole des Eies, den a n i m a l e n und den v e g e t a t i v e n, so genannt, weil das Material des einen vorwiegend für animale Organe (Nervensystem), das Material des anderen für vegetative Organe (Darm) verwandt wird.

In der Entwicklungsgeschichte unterscheidet man verschiedene Arten des Furchungsprocesses, deren Besonderheiten von 2 Momenten bestimmt werden: 1. von der Masse des zur Ernährung des Eies dienenden Materials, des Nahrungsdotters, 2. von der Anordnung desselben. Der Nahrungsdotter wirkt hemmend auf die Theilung ein, da er ein Material darstellt, welches keiner activen Bewegung fähig ist und nur passiv durch die Thätigkeit des Protoplasma auf die Furchungszellen vertheilt wird. Je mehr die Masse dieses Ballastes im Verhältniss zum Protoplasma zunimmt, um so langsamer werden die Theilungsvorgänge verlaufen. Schliesslich tritt ein Moment ein, wo der Widerstand des Dotters so gross wird, dass das Protoplasma nicht mehr der Arbeit vollkommen gewachsen ist; dann werden nur die protoplasmareicheren Partien des Eies getheilt, die dotterreicheren bleiben eine ungetheilte Masse. Man spricht in diesen Fällen von einer partiellen Furchung im Gegensatz zu dem gewöhnlichen und ursprünglicheren Verhalten, der totalen Furchung; ferner nennt man die Eier, welche die partielle Furchung zeigen, meroblastische, weil nur der abgefurchte Theil des Eies direct zum Aufbau des Embryo oder des Sprosses (Blastos) verbraucht wird, während die ungetheilte Hauptmasse nur als Nährmaterial beim Wachsthum dient. Die Eier mit totaler Furchung sind dagegen die holoblastischen. Einfluss des Dotters auf den Furchungsprocess.

Was nun zweitens die Anordnung des Dotters anlangt, so hängt dieselbe mit der Lage des Kerns zusammen; entweder behauptet der Eikern seine centrale Lage und der Dotter sammelt sich um ihn in concentrischer Anordnung (centrolecithale Eier) (Fig. 94), oder er wird Vertheilung des Dotters.

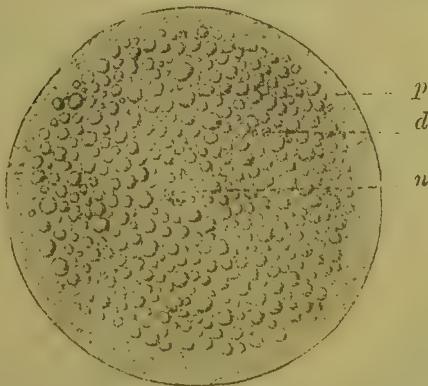


Fig. 94. Centrolecithales Ei (aus O. Hertwig). *n* Kern, *p* protoplasmareiche, *d* dotterreiche Partie des Eies.

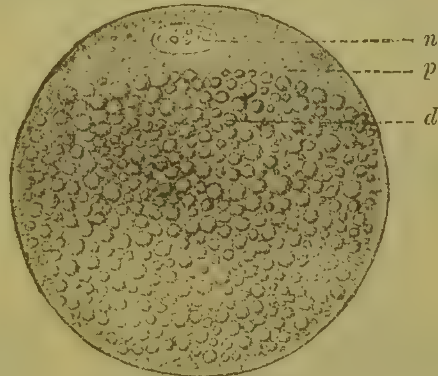


Fig. 95. Telolecithales Ei (aus O. Hertwig). *n* Kern, *p* protoplasmareiche, *d* dotterreiche Partie des Eies.

mit der Hauptmasse des Protoplasma nach einem Pol des Eies verdrängt, während nach dem andern Pole zu das Dottermaterial überwiegt (telolecithale Eier). Da der kernhaltige Pol im Lauf der Entwicklung stets zum animalen wird, so kann man im Ei eine animale protoplasmareichere und eine vegetative dotterreichere Partie unterscheiden. (Fig. 95.) Bei vielen telolecithalen Eiern gehen beide Partien allmählig in einander über, bei anderen wieder ist der Unterschied scharf ausgeprägt, so dass eine deutliche Grenze die fast rein protoplasmatische animale Partie von der dotterhaltigen vegetativen Partie trennt. Am schönsten zeigt dies Verhalten das Vogelei. (Fig. 96.) Als Ei im Sinne der Embryologie ist hier nur das Gelbei anzusehen, während das Eiweiss, die faserige Eihaut und die Kalkschale erst spätere Ablagerungen auf der Oberfläche des Eies sind. Die Haupt-

masse des Gelbeies ist Nahrungsdotter, auf dem eine bei jeder Lage des Eies nach oben gewandte dünne Schicht von Protoplasma ruht, die Keimscheibe. Letztere enthält den Eikern und grenzt sich nach der Befruchtung und mit fortschreitender Entwicklung immer schärfer von dem darunter gelegenen Dotter ab.

Verschiedene Arten des Furchungsprocesses.

Nach den vorausgeschickten Bemerkungen werden wenige kurze Erläuterungen genügen, folgende Tabelle der verschiedenen Furchungsarten verständlich zu machen.

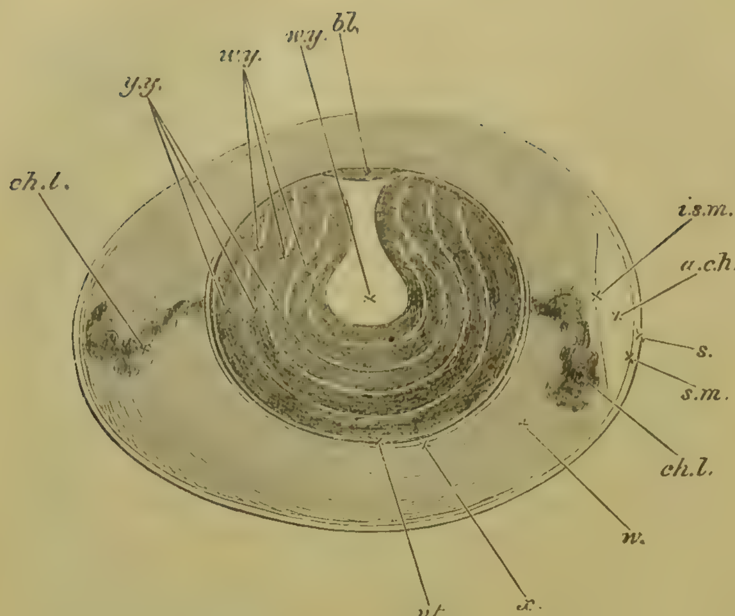


Fig 96. Schematischer Längsschnitt durch ein Vogelei (aus Balfour). 1. das Ei: *b.l.* Keimscheibe, *w.y* weisser Dotter, *y.y.* gelber Dotter. 2. Hüllen des Eis: *v.t.* Dotterhaut, *x.* u. *w.* innere und äussere Eiweisslage, *ch.l.* Chalazen, *i.s.m.* und *s.m.* innere und äussere Schalenhaut, dazwischen am rechten Ende *a.c.h.* die Luftkammer, *s.* Schale.

a) Holoblastische Eier mit totaler Furchung.

1. äquale Furchung: der Dotter ist in geringen Mengen gleichmässig im Ei vertheilt, bei der Furchung zerfällt das Ei in Theilstücke von annähernd gleicher Grösse und gleichem Dotterreichthum (alecithale Eier) (Fig. 93).
2. inäquale Furchung: der Dotter ist reichlich, aber nicht in dem Maasse vorhanden, um die vollkommene Furchung zu verhindern; er liegt besonders am vegetativen Pole des Eies und ist Ursache, dass

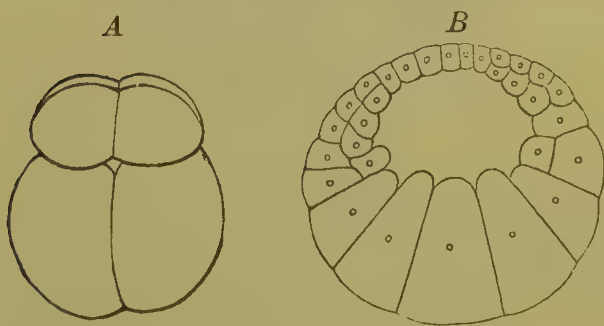


Fig. 97.

Fig. 97. Inäquale Furchung des Eies von Petromyzon (nach Shipley aus Hatschek). *A* Stadium der 8 Furchungskugeln. *B* Blastula in meridionaler Richtung durchschnitten. Die Ungleichheit der Furchungskugeln tritt hier erst mit der Aequatorialfurche ein.



Fig. 98.

Fig. 98. Inäquale Furchung des Eies einer Schnecke, Nassa mutabilis (nach Bobretzky). *I* Die erste Meridionalfurche hat das Ei in ungleiche Stücke getheilt. *II* Die zweite Meridionalfurche hat 8 kleinere und eine grössere Furchungskugel gebildet (beides seitliche Ansichten). *III* Die äquatoriale Furche hat 4 kleinere animale und 4 grössere aber ungleiche vegetative Zellen erzeugt (Ansicht vom animalen Pol).

hier die Furchung langsamer verläuft, und dass hier grössere, weil dotterreichere Furchungskugeln entstehen; man findet daher den Keim gebildet von kleinen animalen dotterarmen und grossen dotterreichen vegetativen Zellen (telolecithale holoblastische Eier). (Fig. 97 u. 98.)

b) Meroblastische Eier mit partieller Furchung.

3. discoidale Furchung. Der Dotter ist in der vegetativen Partie des Eies so stark angehäuft, dass er ihre Abfurchung verhindert; die Furchung bleibt daher auf die Umgebung des animalen Poles beschränkt und zerlegt dieselbe in eine Scheibe kleiner Zellen, die Embryonalanlage oder Keimscheibe (telolecithale meroblastische Eier). (Fig. 99.)

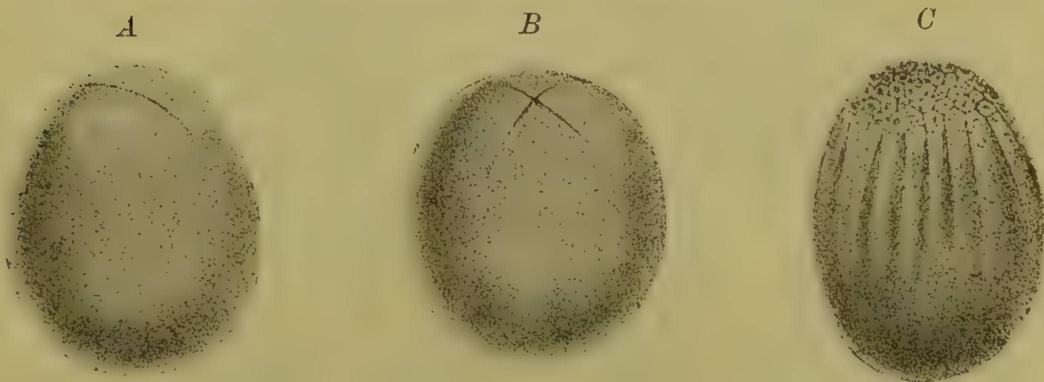


Fig. 99. Discoidale Furchung des Cephalopodeneies (nach Watase).

4. superficielle Furchung. Der Dotter ist im Centrum des Eies angehäuft und verhindert dessen Abfurchung; in Folge dessen zerfällt nur die Rinde des Eies in Furchungszellen, welche in Form einer zusammenhängenden superficiellen Schicht die ungefurchte centrale Masse umhüllen (centrolecithale Eier). (Fig. 100.)



Fig. 100. Superficielle Furchung des Insecteneies (Pieris crataegi). *A* Theilung des Furchungskerns, *B* Heraufrücken der Kerne zur Bildung des Blastoderms, *C* Bildung des Blastoderms (nach Bobretzky).

Von den genannten 4 Arten der Furchung hat die superficielle Furchung ein systematisches Interesse, indem sie ausschliesslich bei den Arthropoden vorkommt. Die übrigen Furchungsarten vertheilen sich in der Weise, dass die discoidale bei der Mehrzahl der Wirbelthiere und

bei den höchstorganisirten Mollusken, den Tintenfischen, beobachtet wird, während äquale und inäquale Furchung bei allen Stämmen der vielzelligen Thiere auftreten können.

Blastula. Schon während der ersten Furchungsstadien bildet sich im Innern des Eies zwischen den Zellen ein Hohlraum aus, welcher mit dem Fortschreiten der Entwickelung immer grösser wird, die Furchungshöhle; um dieselbe herum liegen die Zellen in Form eines ein- oder vielschichtigen Epithels und bilden das Blastoderm. Daher der Name Vesicula blastodermica oder kurz Blastula für das vorliegende Stadium. Je mehr Dotter vorhanden ist, um so kleiner ist der Durchmesser der Furchungshöhle; bei den centrolecithalen Eiern mit superficieller Furchung fehlt letztere sogar ganz.

4. Bildung der Keimblätter.

Gastrula. Ausser der Blastula giebt es noch ein zweites Entwicklungsstadium, welches allen vielzelligen Thieren gemeinsam ist, die Gastrula oder der zweischichtige Keim. Bei den äqual sich furchenden Eiern ist das Stadium am leichtesten zu verstehen (Fig. 101 B); es hat hier die Gestalt eines doppelwandigen Bechers mit weiterer oder engerer Mündung. Der Hohlraum des Bechers ist die Anlage des wichtigsten Abschnitts des Darms, des Urdarms oder Archenteron; die Mündung ist der Urmund oder das Prostoma; von den beiden die Becherwand bildenden und am Prostoma zusammenhängenden Zellschichten ist die äussere der Ectoblast oder das äussere Keimblatt, die innere der Entoblast oder das innere Keimblatt. Auf dem Gastrulastadium begegnen wir zum ersten Maletder Keimblattbildung, d. h. der Bildung von besimmten, gegen einander abgegrenzten Lagen embryonaler, noch nicht differenzirter Zellen, aus denen durch organologische und histologische Sonderung die Organe hervorgehen.

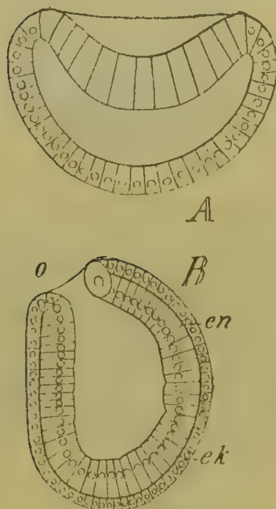


Fig. 101. Gastrulation des Amphioxus (nach Hatschek). Im Unterschied zu Fig 93 ist der animale Pol abwärts, der vegetative aufwärts gerichtet. In Fig. *A* beginnen die Zellen des vegetativen Poles einzusinken. *B* Einstülpung beendet, Furchungshöhle auf einen Spalt zwischen Entoblast *en* und Ectoblast *ek* reducirt. *o* Gastrulamund.

Invagination. Die Gastrula entsteht aus der Blastula durch Einstülpung oder Invagination (Fig. 101 A). Wie wenn man bei einem hohlen Gummiball durch den Fingerdruck die eine Seite gegen die andere einpresst, so sinkt die Schicht der vegetativen Zellen allmählig ein und wird von den Zellen des animalen Poles umschlossen. Dabei entsteht im Ei neben der Furchungshöhle ein neuer Hohlraum, die Anlage des Darmlumens; derselbe vergrössert sich und verdrängt schliesslich die Furchungshöhle ganz, so dass dann der eingestülpte Theil des Blastoderms, der Entoblast, gegen den aussen verbleibenden Theil, den Ectoblast, angepresst wird.

Bei dotterreichen Eiern wird das Verständniss des Baues und der Bildungsweise der Gastrula wesentlich erschwert. Es genügt hier daher die Bemerkung, dass es geglückt ist, für alle auch noch so dotterreichen Eier das Gastrulastadium nachzuweisen, dass das Dottermaterial dabei vorwiegend in den entoblastischen Zellen seine Unterkunft findet.

Für äusseres und inneres Keimblatt hat man die Bezeichnungen Epiblast und Hypoblast, oberes und unteres Keimblatt, vielfach benutzt; die Namen passen strenggenommen nur auf die Eier mit discoidaler Furchung. Beim Vogelei z. B. bilden die beiden Keimblätter über dem ungefurchten Dotter, von dem sie durch die Gastrulahöhle getrennt werden, einen uhrglasförmigen Aufsatz; dabei liegt dann das äussere Keimblatt thatsächlich oben, das innere unten. Weitere Bezeichnungen für die beiden Keimblätter sind Ectoderm und Entoderm. Diese Namen wurden ursprünglich für die Körperschichten ausgebildeter Thiere, der Coelenteraten, gebraucht und sind erst später auf die Entwicklungsgeschichte übertragen worden. In diesem Lehrbuch sollen sie nur in ihrer ursprünglichen Bedeutung für Zellenschichten, welche schon die organologische und histologische Sonderung erfahren haben, angewandt werden, da für embryonale Zellschichten die Namen Entoblast und Ectoblast geeigneter sind.

Ueber die Entwicklungsweise der Gastrula haben sich mehrfache Controversen entwickelt, welche noch nicht ganz zum Abschluss gelangt sind; neben der Invagination soll noch ein zweiter, allerdings sehr seltener Bildungsmodus, die Delamination, existiren. Bei der Delamination soll die Blastula zweischichtig werden durch tangentiale Theilung ihrer Zellen (Fig. 102); jede einzelne Blastodermzelle oder doch wenigstens die Mehr- Delamination.

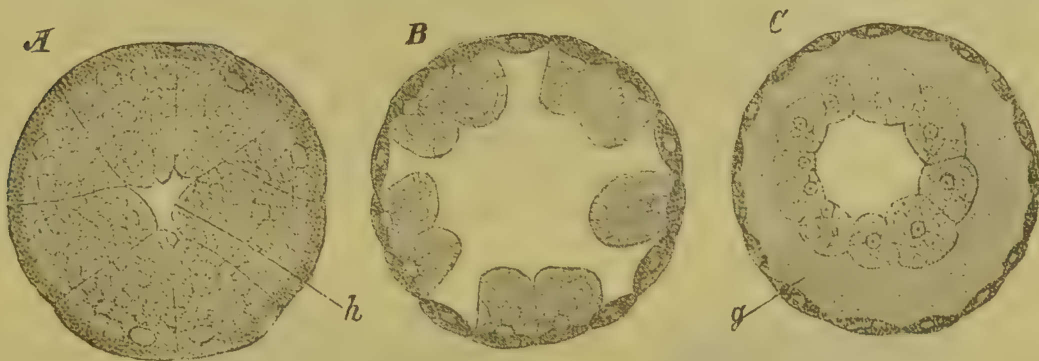


Fig. 102. Delamination des Geryonideneies nach Fol (aus Korschelt-Heider). *h* Furchungshöhle, *g* Gallerte.

zahl der Zellen soll bei dieser Theilung in eine periphere ectoblastische und eine centrale entoblastische Zelle zerfallen. Bei der Delamination würde die Furchungshöhle direct zur Darmhöhle werden, was es erschwert, Delamination und Invagination als Modificationen eines und desselben Processes anzusehen.

Viele niedere Thiere, die meisten Coelenteraten, besitzen überhaupt nur 2 Keimblätter. Wenn dieselben angelegt sind, so beginnen hier sofort die Ausscheidung von Muskel- und Nervenfasern und die übrigen Processe der histologischen Umbildung der Zellen, sowie eine Reihe von Gestaltveränderungen, durch welche die Gastrulae zu ausgebildeten Thieren werden. Bei höherer Organisation dagegen entsteht, bevor es zur organologischen und histologischen Sonderung kommt, noch ein drittes Keimblatt, welches seiner Lage zwischen den beiden ersten den Namen Mesoblast oder mittleres Keimblatt verdankt; dasselbe kann natürlich nur von dem Zellenmaterial der vorhandenen Keimblätter abstammen, und zwar scheint dabei allein der Entoblast betheiligt zu sein. Man kann zwei Arten in der Bildung des mittleren Keimblattes unterscheiden. In einem Fall wird der Zwischenraum zwischen Ectoblast und Entoblast durch Ausscheidung von Gallerte von Neuem aus- Bildung des Mesoblasts.

geweitet, und in die Gallerte dringen isolirte Zellen aus dem Entoblast ein; so entsteht eine an gallertige Bindesubstanz erinnernde Zwischen-

Mesenchym

schicht, das Mesenchym (Fig. 103), aus welchem ein Theil der Organe seine Entstehung nimmt.



Fig. 103. Bildung des Mesenchyms und beginnende Gastrulation, von Holothuria tubulosa (nach Selenka aus Balfour). *ep* Ectoblast, *hy* Entoblast, *ms* Mesenchymzellen, *ae* Archenteron (in Bildung begriffene Gastrulahöhle).

Mesepithel

Zweitens aber kann das mittlere Keimblatt den epithelialen Charakter der beiden primären Keimblätter beibehalten, so dass wir es Mesepithel nennen. Das Mesepithel ist ein durch Faltung abgeschnürter Theil des Entoblastes, über dessen Entwicklungsweise die Embryologie eines Wurms, der Sagitta, uns Aufschluss geben mag. (Fig. 104.)

Wenn sich die Gastrula der Sagitta entwickelt hat, erheben sich am Grund des Urdarms 2 entoblastische Falten symmetrisch zur Mittellinie des Körpers und theilen den Urdarm in 3 zunächst noch zusammenhängende Räume, den bleibenden Darm und die beiden Anlagen der Leibeshöhle, die Coelomdivertikel. Jetzt schliesst sich der Urmund und wachsen die Entodermfalten bis an das vordere Ende der Gastrula, um hier mit den Wandungen zu verkleben. Dadurch wird zweierlei bewirkt: die beiden Coelomdivertikel werden vom Darm vollkommen getrennt, ferner wird in entsprechender

A



B

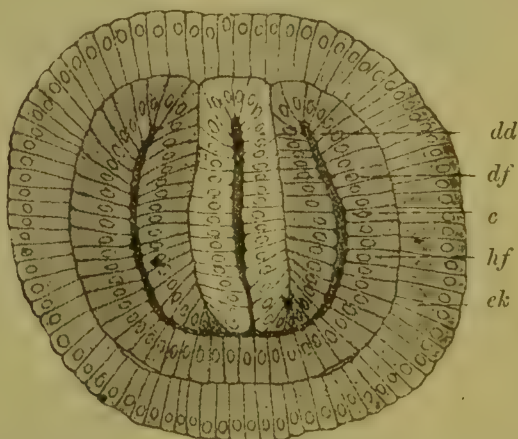


Fig. 104. Bildung des Mesepithels und des Coeloms von Sagitta. A Vom Grund der Gastrula erheben sich 2 Falten, welche den Urdarm in den bleibenden Darm und die Coelomdivertikel abtheilen. B Die Sonderung durch Vordringen der Falten fast beendet. *blp* Urmund, *al* Darmhöhle, *pv* Faltenrand, *m* der in Bildung begriffene bleibende Mund, *dd* Darmdrüsenblatt, *df* Darmfaserblatt, *c* Leibeshöhle, *hf* Hautfaserblatt, *ek* ectodermale Haut.

Weise der bis dahin einheitliche Entoblast in 3 Epithelsäckchen zerlegt: das mittlere ist die Auskleidung des Darms oder der secundäre Entoblast (Darmdrüsenblatt), die seitlichen sind die Auskleidungen der Coelomsäcke oder die paarigen Anlagen des mittleren Keimblatts. An jeder dieser Anlagen sind 2 Schichten zu erkennen, welche durch die Leibeshöhle getrennt

werden; die eine Schicht liegt dem Darm an und heisst daher das Darmfaserblatt, die andere Schicht folgt dicht unter dem Ectoblast oder der embryonalen Haut und heisst Hautfaserblatt. Aus dem Gesagten ist ersichtlich, dass der epitheliale Mesoblast strenggenommen keine einheitliche Schicht ist, sondern aus 2 allerdings in einander übergehenden Lagen besteht, und dass seine Entstehung mit der Bildung der Leibeshöhle eng verknüpft ist.

Was nun die Verbreitungsweise des Mesenchyms und des Mesepithels anlangt, so sind 3 Fälle möglich und thatsächlich auch vorhanden. Es giebt rein mesenchymatöse Thiere, wie die Plattwürmer, und rein mesepitheliale, wie die Sagitten, viele Anneliden und der Amphioxus; es giebt endlich aber auch Thiere, bei denen der Mesoblast aus Mesenchym und Mesepithel besteht. Entweder entsteht zuerst das Mesenchym und später das Mesepithel, wie bei den Echinodermen, oder es wird wie bei den meisten Wirbelthieren die umgekehrte Reihenfolge eingehalten.

Histologische und Organologische Differenzirung.

Aus den 3 Keimblättern entstehen alle Organe eines Thieres dadurch, dass sich zunächst embryonales Zellenmaterial meist durch Einfaltung zu einem gesonderten Complex abgrenzt (organologische Differenzirung), und dass dieser Complex dann später in Gewebe verwandelt wird (histologische Differenzirung). Wie das geschieht, ist bei den einzelnen Thierstämmen verschieden. Immerhin lassen sich als allgemein giltig oder fast allgemein giltig folgende Sätze aufstellen, dass aus dem Ectoblast die Haut mit ihren Drüsen und Anhängen, das Nervensystem und die Sinnesepithelien hervorgehen, dass der Entoblast den wichtigsten Theil des Darms mit seinen wesentlichsten Drüsen erzeugt, dass endlich Muskeln, Bindesubstanz, excretorische Organe ganz oder zum Theil im Mesoblast entstehen; mesoblastisch sind meist auch die Geschlechtsorgane.

Verhalten der Keimblätter bei der Knospung.

In der Neuzeit ist die Frage viel erörtert worden, in wie weit die Keimblättertheorie auch für die Vorgänge bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung Geltung besitzt. Zunächst würde man erwarten, dass bei der Knospung und noch mehr bei der Theilung jedes Organ des Tochterthieres sich von dem entsprechenden Organ des Mutterthieres abspalte oder, wenn das durch räumliche Verhältnisse unmöglich gemacht wird, von einer dem gleichen Keimblatt angehörigen Gewebsmasse. In vielen Fällen ist das sicher der Fall, wie z. B. bei der Knospung der Hydroiden Entoderm und Ectoderm der Knospe von den entsprechenden Körperschichten der Mutter abstammen (Fig. 87) und bei der Theilung der Microstomiden die sich neu anlegenden Theile (Ganglien und Schlundkopf) nach Analogie der geschlechtlichen Entwicklung vom Ectoderm aus geliefert werden (Fig. 55). Durch neuere Untersuchungen sind wir aber mit Ausnahmen von dieser Regel bekannt geworden. Bei Bryozoen und Tunicaten sind die bei der Knospung zur Verwerthung kommenden Zellen indifferente, noch nicht mit den Merkmalen einer bestimmten Körperschicht ausgestattete Elemente, welche demgemäss auch unabhängig von der Lage, welche sie im Mutterthier einnahmen, je nach Bedürfniss zum Aufbau der Organe benutzt werden können.

5. Die verschiedenen Formen der geschlechtlichen Entwicklung.

Embryonale und postembryonale Entwicklung.

Zur Zeit, in welcher sich die beschriebenen Vorgänge (Befruchtung und Theilung des Eies, Bildung der Keimblätter) abspielen, sind die jungen Thiere gewöhnlich noch in schützende derbe Eihüllen oder gar

in den mütterlichen Geschlechtsapparat (Uterus) eingeschlossen und werden deshalb Embryonen genannt. Auch spätere Stadien, die Bildung der wichtigsten Organe, können noch in die Zeit des Embryonallebens fallen, wie uns die Säugethiere, Vögel, Reptilien, viele Fische, Würmer und Krebse lehren, welche, am Ende ihres embryonalen Daseins angelangt, in allen Theilen fertig gestellt sind und nur noch der Reife der Geschlechtsorgane und des Wachsthums des gesammten Körpers bedürfen, um den Höhepunkt ihrer Ausbildung zu erreichen. Auf der anderen Seite giebt es Thiere, namentlich Wasserbewohner, welche nach dem Verlassen der Eihüllen noch wichtige Umgestaltungen erfahren, wie Coelenteraten, Ringelwürmer, Echinodermen, Insecten, Amphibien etc. Die Coelenteraten, Echinodermen und viele Würmer pflegen sogar vor der Entstehung der Keimblätter die Hüllen zu durchbrechen und frei mit Wimpern herumschwimmend als „Planulae" die Keimblätter und Organe zu bilden. Da hier zur embryonalen Entwicklung eine mehr oder minder ausgedehnte postembryonale Entwicklung kommt, ist es missbräuchlich, für jede Form der Entwicklungsgeschichte den Namen „Embryologie" anzuwenden; vielmehr ist es nöthig, den Namen auf die Entwicklungsvorgänge in den Eihüllen zu beschränken, generell dagegen von Entwicklungsgeschichte oder Ontogenie zu sprechen. Wie man das unentwickelte Thier innerhalb seiner Hüllen einen Embryo nennt, so ist der Name Larve für das freilebende, aber noch entwicklungsbedürftige Thier üblich.

Directe und indirecte Entwicklung.

Die Larvenentwicklung kann nun entweder eine directe oder eine indirecte sein. Bei der directen Entwicklung bewegt sich die Larve, wie der Name sagt, gleichsam geraden Wegs auf ihr Endziel, das geschlechtsreife Thier, zu, indem sie die ihr fehlenden Organe, das eine nach dem anderen, anlegt und stetig somit dem geschlechtsreifen Thier ähnlicher wird. Die indirekte Entwicklung macht dagegen Umwege; es werden Organe angelegt, die später wieder zu Grunde gehen und nur auf das Larvenleben berechnet sind, die man demgemäss auch Larvenorgane nennt. Bei der Definition der indirecten Entwicklung oder, wie sie gewöhnlich genannt wird, der Metamorphose, ist daher besonderes Gewicht auf die Anwesenheit der „Larvenorgane" zu legen. So unterscheiden sich die Raupen von den Schmetterlingen nicht nur durch den Mangel der zusammengesetzten Augen und der Flügel, sondern auch durch die Anwesenheit der dem Schmetterling fehlenden Afterfüsse und Spinndrüsen, ferner durch die andere Gestalt von Kiefern, Antennen und Beinen, die verschiedene Anordnung des Tracheen- und Nervensystems etc.; die Kaulquappen unterscheiden sich vom Frosch nicht nur durch den Mangel der Lungen und Extremitäten, sondern auch durch die Anwesenheit der Kiemen und des Ruderschwanzes. Je mehr Larvenorgane vorhanden sind, um so deutlicher wird daher auch der Charakter der Metamorphose sein.

Metamorphose.

Ovipare, vivipare, ovovivipare Thiere.

Unabhängig von der Zeit, um welche der Embryo die Eihüllen verlässt, ist der Zeitpunkt, auf welchem das Ei aus dem mütterlichen Organismus entfernt wird. Wir kennen hier zwei Extreme, die oviparen oder eierlegenden und die viviparen oder lebendig gebärenden Thiere. Zu den oviparen Thieren können strenggenommen nur solche Formen gerechnet werden, bei denen das Ei zur Zeit der Geburt noch den Charakter einer einzigen Zelle hat, bei denen es entweder wie bei den meisten Fischen, Seeigeln etc. erst nach der Entleerung oder wie bei Batrachiern und Insecten während der Entleerung befruchtet wird. Bei

viviparen Thieren dagegen treffen Geburt und Zerreissen der Eihüllen zeitlich vollkommen oder nahezu zusammen, und aus den mütterlichen Geschlechtswegen tritt ein Thier hervor, welches seine Entwicklung abgeschlossen oder doch so weit fortgeführt hat, dass es ohne schützende Hüllen zu leben vermag.

Zwischen beiden Extremen vermitteln die wechselnden Formen der „ovo-viviparen“ Entwicklung. Was hier bei der Geburt zum Vorschein kommt, macht zunächst vermöge seiner Hüllen den Eindruck eines Eies; allein die ersten Entwicklungsstadien sind schon in ihm seit längerer Zeit abgelaufen, so dass man beim künstlichen Sprengen der Eihüllen einen mehr oder minder weit entwickelten, aber zu selbständigem Leben meist noch nicht befähigten Embryo herausschält. In die Kategorie der ovo-viviparen Thiere sind auch die Vögel zu rechnen; denn ihre Eier sind längere Zeit, bevor sie gelegt wurden, befruchtet worden und haben die Bildung des Blastoderms schon vollendet. Bei vielen Würmern kann sogar in der Eischale bei der Ablage schon ein zum Ausschlüpfen bereites Thier enthalten sein.

Derartige Uebergangsformen lehren, dass zwischen „Eier legen“ und „lebendig gebären“ keine scharfe Grenze gezogen werden kann und dass man sich hüten muss, den hier zu Tage tretenden Unterschieden grössere Bedeutung beizumessen. Es war gänzlich verfehlt, dass man nach dem Vorgang von Aristoteles den Zeitpunkt der Geburt systematisch hat verwerthen wollen. In vielen Thierabtheilungen finden sich sowohl Eier legende wie lebendig gebärende Formen. Die meisten Haifische sind lebendig gebärend, einige Arten aber legen Eier; umgekehrt gilt für die Knochenfische als Regel, dass die Eier vor der Befruchtung entleert werden. Ausnahmen davon sind der lebendig gebärende Zoarces viviparus u. A. Von Amphibien, Reptilien und Insecten sind die meisten Eier legend, nicht wenige Formen aber lebendig gebärend. Selbst bei den Säugethieren, bei welchen das „Lebendiggebären“ lange Zeit für typisch galt, kennt man seit Kurzem Eier legende Formen, die Echidna und den Ornithorhynchus. Schliesslich kommen sogar bei einer und derselben Art Ausnahmen von der Regel vor. Die Nattern legen gewöhnlich Eier, unter ungünstigen Bedingungen aber behalten sie dieselben bei sich bis kurze Zeit vor dem Ausschlüpfen der Jungen.

Zusammenfassung der Resultate der Entwicklungsgeschichte.

1. Die Entwicklung eines Thieres beginnt mit einem Act der Zeugung; man unterscheidet Urzeugung und Elternzeugung.

2. **Urzeugung** (Generatio aequivoca, spontanea, Abiogenesis) ist die Entstehung lebender Wesen aus unbelebter Materie (ohne präexistirende Organismen).

3. Die derzeitige Existenz der Urzeugung ist weder durch Beobachtung erwiesen noch überhaupt wahrscheinlich; dagegen ist die Urzeugung ein logisches Postulat, um die erste Entstehung des Lebens auf unserem Erdball zu erklären.

4. **Elternzeugung** (Tocogonie), Abstammung eines Thiers von einem Thier gleichen oder ähnlichen Baues, kann entweder auf geschlechtlichem oder ungeschlechtlichem Wege erfolgen.

5. Die **ungeschlechtliche Fortpflanzung** wird durch das Wachsthum eines einzelnen Organismus über sein individuelles Maass hinaus verursacht, indem dasselbe schliesslich zu einer Vertheilung des Ueberschusses auf zwei oder mehr Individuen führt.

6. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung kann sein Theilung oder Knospung.

7. Bei der Theilung wächst ein Organismus gleichmässig in allen seinen Theilen und zerfällt durch Einschnürung in zwei oder mehr gleichwerthige neue Stücke.

8. Nach der Richtung der Theilungsebene zur Längsaxe des Thiers spricht man von Längs-, Quer- und Schrägtheilung.

9. Bei der Knospung findet ein locales Wachsthum statt; der locale Auswuchs, die Knospe, löst sich als ein kleineres, meist auch unvollkommener gebautes Individuum vom Mutterthier ab.

10. Nach der Lage und der Zahl der Knospen unterscheidet man laterale, terminale, multiple Knospung.

11. Die **geschlechtliche Fortpflanzung** ist eine Fortpflanzung mittelst besonderer, am gewöhnlichen Körperwachsthum nicht betheiligter Zellen, der Geschlechtszellen.

12. Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung vereinigen sich zweierlei Zellen, das weibliche Ei und der männliche Samenfaden (Befruchtung).

13. Selten kann sich das Ei ohne Befruchtung entwickeln: Parthenogenesis; diese ist eine geschlechtliche Fortpflanzung mit rückgebildeter Befruchtung.

14. Pädogenesis ist die parthenogenetische Fortpflanzung eines jugendlichen d. h. unvollkommen entwickelten Thieres.

15. Verschiedene Arten der Fortpflanzung (ungeschlechtliche, geschlechtliche, Parthenogenesis, Pädogenesis) können bei derselben Species vorkommen; häufig wird dann die Vertheilung derselben gesetzmässig geregelt, derart, dass Individuen mit verschiedener Fortpflanzung mit einander alterniren: Generationswechsel im weiteren Sinne.

16. **Generationswechsel** im engeren Sinne (progressiver G., Metagenesis) ist der Wechsel zweier Generationen, von denen sich die eine durch Theilung oder Knospung, die andere geschlechtlich fortpflanzt. Erstere heisst Amme, letztere ist das Geschlechtsthier.

17. Folgen mehrere ungeschlechtliche Generationen auf einander, ehe wieder ein Geschlechtsthier auftritt, so spricht man von Grossamme, Amme, Geschlechtsthier.

18. Das Alterniren von Parthenogenesis oder Pädogenesis mit streng geschlechtlicher Fortpflanzung nennt man regressiven Generationswechsel oder Heterogonie.

19. Die durch die geschlechtliche Fortpflanzung eingeleitete Entwicklung zeigt fast bei allen vielzelligen Thieren in den Anfangsstadien: Befruchtung, Furchung, Keimblattbildung, principielle Uebereinstimmung.

20. Das Wesen der Befruchtung beruht auf der vollkommenen Verschmelzung von Ei und Spermatozoon, vor Allem auf der Vereinigung der Kerne, Ei- und Spermakern, zum Furchungskern.

21. Die Eifurchung ist eine Zelltheilung, eine Theilung des befruchteten Eies in die Furchungskugeln. Die Furchung kann sein eine totale (holoblastische Eier) oder eine partielle (meroblastische

Eier); die totale Furchung ist entweder äqual oder inäqual, die partielle entweder discoidal oder superficiell.

22. Durch fortgesetzte Theilung der Furchungskugeln und durch Ausbildung der Furchungshöhle entsteht der einschichtige Keim, die Blastula (Vesicula blastodermica).

23. Durch Einstülpung der Blastula entsteht die Gastrula oder der zweischichtige Keim.

24. Die Gastrula umschliesst einen durch den Gastrulamund nach aussen sich öffnenden Hohlraum, den Urdarm oder das Archenteron; sie besteht aus 2 Epithellagen, dem den Urdarm auskleidenden Entoblast (Hypoblast) oder inneren Keimblatt und dem Ectoblast (Epiblast) oder äusseren Keimblatt.

25. Zwischen äusserem und innerem Keimblatt kann noch ein drittes, mittleres Keimblatt, Mesoblast, auftreten.

26. Das mittlere Keimblatt entsteht entweder durch Einfaltung und Abschnürung eines Theils des Entoblastepithels: epithelialer Mesoblast, Mesepithel; oder durch Auswandern einzelner Zellen zur Bildung eines Gallertgewebes: Mesenchym.

27. Viele Thiere legen die Eier vor oder kurz nach der Befruchtung ab (ovipar); andere legen Eier ab, welche schon im Mutterleib befruchtet waren und bei der Geburt einen Theil der Entwicklungsstadien schon durchlaufen hatten (ovo-vivipar). Eine dritte Reihe von Thieren gebiert lebendige Junge (vivipar).

28. Die Entwicklung eines Thieres ist entweder eine directe oder eine indirecte (Metamorphose).

29. Von indirecter Entwicklung oder Metamorphose spricht man, wenn das aus dem Ei hervortretende junge Thier von dem geschlechtsreifen Thier sich in zwei Punkten unterscheidet:

1. durch den Mangel gewisser dem geschlechtsreifen Thier zukommender Organe,
2. durch das Auftreten von Organen, die umgekehrt dem geschlechtsreifen Thier fehlen, den Larvenorganen.

III. Beziehungen der Thiere zu einander.

Wie zwischen den Organen eines und desselben Thierkörpers ein gesetzmässiger Zusammenhang besteht, welcher als Correlation der Theile bezeichnet wird, so stehen auch die verschiedenen Individuen der Thierbevölkerung in vielfacher und inniger Wechselwirkung zu einander. An einer Fülle von Beispielen hat Darwin durchgeführt, wie die Existenzbedingungen mancher Thierarten verändert werden, wenn andere Formen neu auftreten oder verschwinden oder eine aussergewöhnliche Reduction oder Vermehrung der Individuenzahl erfahren. Derartige Wechselwirkungen sind meist specieller Natur und können nur durch Einzelstudien klar gelegt werden; nur wenige Verhältnisse haben allgemeinere Verbreitung und sind daher auch einer allgemeinen Besprechung zugängig; hierher gehören Stock- und Staatenbildung, Parasitismus und Symbiose.

1. Beziehungen zwischen Individuen derselben Art.

Stockbildung durch Concrescenz.

Stock- und Staatenbildung sind Beziehungen, welche sich zwischen Individuen derselben Art ergeben. Unter einem Thierstock verstehen wir eine Vereinigung zahlreicher Thierindividuen, welche auf einem organischen Zusammenhang der Körper beruht; letzterer kann auf zweierlei Weise zu Stande kommen, einmal indem Thiere, welche von Anfang an getrennt waren, sich einander nähern und theilweise mit einander verschmelzen, zweitens indem Thiere, welche durch Theilung und Knospung entstanden sind, mit einander vereint bleiben, anstatt sich von einander zu trennen. Der erstere Fall der Stockbildung ist äusserst selten und spielt im Thierreich gar keine Rolle. Manche Protozoen verschmelzen mit einander und bilden grössere Körper, in denen man die Einzelthiere noch erkennen kann. Unter den vielzelligen Thieren kennt man nur den Fall des Diplozoon paradoxum, bei welchem normalerweise zwei aus verschiedenen Eiern stammende Thiere (die Diporpen) sich zu einem Doppelthier vereinen, welches an gewisse Doppelmissbildungen, wie z. B. die siamesischen Zwillinge, erinnert. (Fig. 105.)

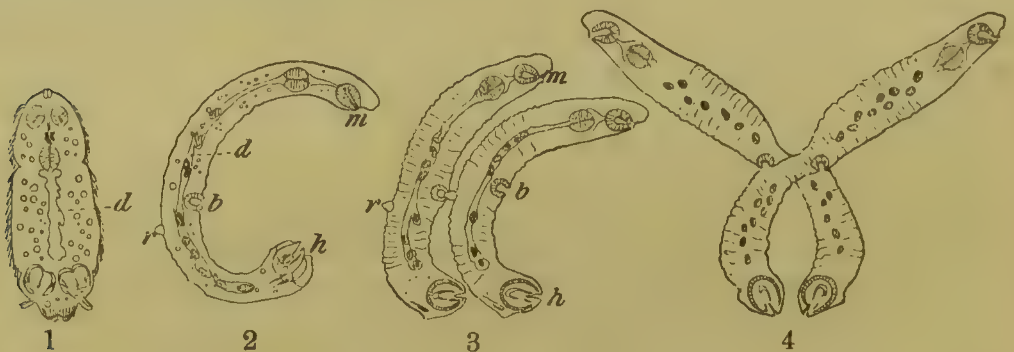


Fig. 105. Entwicklung von Diplozoon paradoxum (aus Boas). 1. Larve. 2. daraus hervorgegangene „Diporpa". 3. Zwei Diporpen vereinigen sich. 4. Die Diporpen sind zum Diplozoon vereint. *m* Mund, *d* Darm, *h* hinterer Haftapparat, *b* Bauchsaugnapf, der zum Fassen des Rückenzapfens *r* dient.

Stockbildung durch unvollkommene Theilung und Knospung.

Im Allgemeinen kann man sagen, dass die in der Natur vorkommenden wichtigen Fälle von Stockbildung auf unvollkommener Theilung oder Knospung beruhen. Ein Thier besitzt die Fähigkeit der ungeschlechtlichen Vermehrung; letztere kommt jedoch nicht zum normalen Abschluss, indem zwar die Ausgestaltung von zwei oder mehr Individuen, nicht aber die völlige Trennung herbeigeführt wird. Mehr oder minder breite Gewebsbrücken bleiben erhalten, welche die Theilstücke unter einander oder die Knospen mit ihrem Mutterthier vereinigen. Die marinen Stöcke der Corallen und Hydroiden (Fig. 88, 189) können aus Tausenden von Individuen bestehen, welche durch fortgesetzte unvollkommene Knospung oder Theilung von einem einzigen geschlechtlich erzeugten Mutterthier abstammen.

Der Zusammenhang der Gewebe bedingt in der Mehrzahl der Fälle einen nicht unbeträchtlichen Grad von Gemeinsamkeit der Functionen. Reize, welche ein Individuum treffen, werden durch gemeinsame Nerven den übrigen Thieren des Stockes mitgetheilt; dadurch werden gemeinsame Bewegungen ermöglicht; in gleicher Weise kommt die von einem Thier erbeutete und verdaute Nahrung dem gesammten Stock zu Gute.

Vermöge der Gemeinsamkeit seiner Functionen erscheint ein Stock wie ein einheitliches Ganze, wie ein Individuum höherer Ordnung; es wiederholt sich derselbe Process, welcher zur Bildung vielzelliger Organismen führte; wie dort die Elementarorganismen, die Zellen, zum Einzelthier verbunden bleiben, so hier die Einzelthiere zum Stock.

Polymorphismus.

Wo ein Ganzes aus zahlreichen gleichwerthigen Theilen besteht, sind die Bedingungen zur Arbeitstheilung gegeben. Anstatt dass die Functionen der Gesammtheit sich gleichmässig auf die Einzelstücke vertheilen, werden manche der letzteren mehr für diese, andere wiederum mehr für jene Function geschickt und erhalten eine dem entsprechende Organisation. Bei solchen Thierstöcken spricht man dann von Vielgestaltigkeit oder Polymorphismus. Der Polymorphismus äussert sich am häufigsten auf dem Gebiet der vegetativen Functionen, indem er zu einem Gegensatz von Geschlechtsthieren und Nährthieren führt, wie bei den meisten Hydrozoen, bei denen nicht selten die Ernährung durch Thiere ohne Geschlechtsorgane und die Fortpflanzung durch Thiere ohne Mund besorgt wird. Aber auch die übrigen Functionen, wie Fortbewegung, Empfindung, Schutz und Trutz, können specialisirt werden. Das classische Beispiel für Polymorphismus sind die Siphonophoren. (Fig. 106.) Zu einem einzigen Körper vereint sind hier locomotorische Thiere, die Schwimmglocken, welche nur der Bewegung dienen, Deckstücke welche nur die übrigen beschützen, Fresspolypen, welche nur Nahrung aufnehmen und verdauen, Geschlechtsthiere und Tastpolypen, welche nur die geschlechtliche Fortpflanzung, beziehungsweise die Empfindung vermitteln. Rücksichtlich der übrigen Functionen ist hier jedes Thier auf seine Geschwister angewiesen; seine Existenz ist daher von diesen abhängig geworden; das einzelne Individuum kann nur als Theil eines Ganzen dauernd leben. So führt auch hier die Arbeitstheilung zu grösserer Centralisation; je polymorpher ein Thierstock ist, um so einheitlicher ist er, um so mehr macht er den Eindruck eines Einzelthieres, anstatt einer Summe von Einzelthieren.



Fig. 106. Praya maxima (nach Gegenbaur). *A* das ganze Thier, *B* eine einzelne Individuengruppe stärker vergrössert (Eudoxie). *1* Deckstück, *2* Fresspolyp, *3* Senkfaden, *4* Geschlechtsglocke.

Staatenbildung.

Viel geringer ist die wechselseitige Abhängigkeit der Thiere bei der Staatenbildung, da es sich hier um keinen organischen Zusammenhang, sondern nur um ein freiwilliges Zusammenleben handelt. War bei der Stockbildung die ungeschlechtliche Fortpflanzung von

Wichtigkeit, so spielt hier die geschlechtliche eine grosse Rolle. Unter dem Einfluss des Geschlechtstriebs drängen sich viele Thiere, selbst solche von niedrigster Organisation, dauernd oder zeitweilig zu Haufen zusammen: die Seeigel, Seewalzen, viele Fische sammeln sich an der Küste zur Zeit der Eiablage; der Geschlechtstrieb vereinigt die Herden der Hirsche, Elephanten etc. Zu einer festen Organisation, zu einer Staatenbildung im engeren Sinne führt dann weiter die Sorge um die junge Brut; alle Insektenstaaten sind auf dieser Basis aufgebaut. Da somit das Geschlechtsleben der Ausgangspunkt für die Staatenbildung ist, so ist es weiter begreiflich, dass bei den verschiedenen Individuengruppen, den „Ständen" des Staates, die Geschlechtsorgane in ihrer Ausbildung beeinflusst werden. Ausser Männchen und Weibchen (Königen und Königinnen) giebt es noch Thiere mit rückgebildetem, functionsunfähig gewordenem Geschlechtsapparat, die Arbeiter: entweder sind die letzteren nur Weibchen (Bienen und Ameisen) oder Weibchen und Männchen (Termiten). Während die Könige und Königinnen den Nachwuchs liefern, haben die Arbeiter die Pflege der jungen Brut übernommen, sie sorgen für die Bauten, für die Nahrung und auch für die Vertheidigung, wenn nicht letztere von einem besonderen Stand, den Soldaten (Termiten), geleistet wird.

2. Beziehungen zwischen Individuen verschiedener Arten.

Wenn Individuen verschiedener Arten zu einander in ein engeres Wechselverhältniss treten, so ist die Ursache dazu der Nutzen, welchen entweder einseitig die eine Art von der anderen zieht, oder den beide sich gegenseitig bieten; den ersteren Fall erläutert der Parasitismus, den letzteren die Symbiose.

Parasitismus.

Unter Parasiten verstehen wir Thiere, welche auf anderen Thieren, den Wohnthieren oder Wirthen, Wohnung und Nahrung finden, welche dadurch in ein Abhängigkeitsverhältniss zu diesen getreten sind und mehr oder minder eingreifende Veränderungen ihrer Organisation erfahren haben.

Um ein Thier für einen Parasiten zu erklären, genügt es nicht, dass es auf einem anderen sich niedergelassen hat. Es giebt viele Thiere, welche überhaupt festsitzen und welche, je nachdem sich ihnen Gelegenheit bietet, sich auf einem Stein, einer Pflanze oder einem anderen Thiere ansiedeln; in solchen Fällen von Raumparasitismus zu reden, ist missbräuchlich, weil von einem Abhängigkeitsverhältniss nicht die Rede sein kann. Wenn ein Hydroidpolyp anstatt auf einem Stein sich einmal auf dem Rücken einer Krabbe niederlässt, so handelt es sich dabei um einen Zufall, durch den das Wesen des Hydroidpolypen in keiner Weise betroffen wird. Ganz anders würden wir den Fall beurtheilen, wenn der betreffende Polyp nur auf der Krabbe zu leben vermöchte und an anderen Orten zu Grunde ginge. Ein derartiges Abhängigkeitsverhältniss trifft meist nur dann zu, wenn von dem Aufenthaltsort auch die Ernährungsweise abhängt, wenn das Wohnthier nicht nur zum Wohnen dient, sondern dem Bewohner auch die Nahrung liefert, wenn der Bewohner somit auf Kosten des Wohnthiers lebt.

Parasitische Rückbildung.

Das Maass, in welchem ein Parasit von seinem Wirth abhängig geworden ist, wechselt nach den einzelnen Arten; es wird davon bestimmt, in wie weit der Parasit sich in der Organisation seinem Wirth angepasst hat. Darum ist es nöthig, bei der Besprechung des Parasitismus

auch der Umgestaltungen zu gedenken, welche die parasitische Lebensweise in dem Bau der Thiere hervorruft. Dieselben betreffen am unmittelbarsten die Organe der Fortbewegung und Ernährung. Da ein Parasit sich auf seinem Wohnthier möglichst fest anzusiedeln sucht, so gehen die den Ortswechsel vermittelnden Einrichtungen allmählig verloren oder werden doch schlechter entwickelt; dafür treten Apparate zum Festhalten am Wirth auf. Parasiten der verschiedensten Abtheilungen besitzen Haken, Klammern, Saugnäpfe etc. Zur Ernährung dient den Parasiten das Blut oder der Gewebsaft oder der Speisebrei des Wirths; das sind gelöste Substanzen, welche kaum der Verdauung bedürfen. Daher ist gewöhnlich der Darmkanal vereinfacht oder er geht gänzlich verloren; es giebt unter den Parasiten sowohl darmlose Würmer als darmlose Crustaceen. Auch sonst vereinfacht sich die Lebensweise des Parasiten, da er nicht gezwungen ist, nach Nahrung zu suchen; bei allen Parasiten erfahren Nervensystem und Sinnesorgane eine hochgradige Rückbildung; ersteres wird zumeist auf das Nothwendigste beschränkt, diese können zum Theil verloren gehen.

Eine starke Ausbildung erleidet dagegen der Geschlechtsapparat. Während es dem Parasiten leichter wird, sich selbst zu erhalten, ist die Existenz der Art um so gefährdeter. Wenn ein Mensch stirbt, so gehen auch meist seine Parasiten mit ihm zu Grunde, namentlich diejenigen, welche im Innern des Körpers existiren. Soll eine bestimmte parasitische Art nicht in kurzer Zeit aussterben, so ist es nöthig, dass ihre Eier immer wieder in neue Wirthe hineingerathen. Da diese Uebertragung mit Schwierigkeiten verknüpft ist, müssen die Parasiten einen enormen Ueberfluss an Eiern produciren. Die Eier ihrerseits wiederum zeichnen sich durch grosse Widerstandsfähigkeit und gut entwickelte Schutzorgane, wie starke Schalen, aus; so ist es z. B. bekannt, dass die Eier von Ascariden sich längere Zeit sogar in Spiritus weiter entwickeln, da sie durch ihre undurchgängigen Schalen geschützt sind.



Fig. 107.

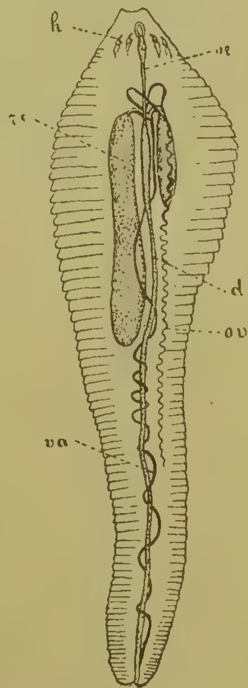


Fig. 108.

Fig. 107. Taenia nana (nach Leuckart) ein Bandwurm.

Fig. 108. Pentastomum taenioides, Weibchen (nach Leuckart), eine Arachnoidee. *h* Haken links und rechts vom Mund; *ov* unpaares Ovar gabelt sich in 2 Oviducte, die sich zur unpaaren Vagina (*va*) vereinigen, letztere empfängt die Ausführwege zweier Receptacula seminis *rs* und windet sich um den Darm *d*; *oe* Oesophagus.

Ectoparasiten und Entoparasiten.

Alle die hervorgehobenen Einrichtungen werden mehr bei Schmarotzern, welche im Innern von anderen Thieren leben, den Entoparasiten Geltung gewinnen, als bei Bewohnern der Haut oder anderer oberflächlicher Organe, den Ektoparasiten. Bei den Entoparasiten sind die umgestaltenden Einflüsse des Parasitismus so bedeutend, dass Vertreter der verschiedensten Thierabtheilungen eine auffallende Aehnlichkeit des Aussehens und des Baues gewinnen (Fig. 107, 108); man

hat daher auch lange alle Entoparasiten wegen ihrer Gleichartigkeit in eine einzige systematische Gruppe unter dem Namen „Helminthes“ zusammengefasst und darin Crustaceen, Würmer und Spinnen, also Thiere aus ganz verschiedenen Thierstämmen, vereinigt. Erst durch die Entwicklungsgeschichte wurden die Zoologen auf das Unnatürliche der Helminthengruppe aufmerksam gemacht. Der Entoparasitismus ist somit eines der schönsten Beispiele, um das Wesen der convergenten Züchtung zu erläutern, dass Thiere von ganz verschiedener systematischer Stellung unter gleichen Lebensbedingungen auch eine grosse Gleichartigkeit des Baues und der Erscheinung gewinnen.

Symbiose. Viel seltener als Parasitismus ist die Symbiose oder das Zusammenleben der Thiere zu gegenseitigem Nutzen. Bei Staaten bildenden Thieren beobachtet man zwar nicht selten, dass sie gewisse Thierarten nicht nur in ihren Verbänden dulden, sondern sogar zu hegen und zu pflegen suchen, wie man in Gesellschaft der Ameisen z. B. manche blinde Käfer, wie den Claviger, oder manche Blattlausarten oder sogar Ameisen aus anderen Arten und Gattungen findet. Solche Fälle des Zusammenlebens entsprechen aber vielmehr der Hausthierzucht oder der Sklaverei, wie sie vom Menschen betrieben werden. Die Ameisen halten die Blattläuse, um die süssen Säfte zu lecken, welche dieselben in ihren Honigröhren erzeugen; sie rauben die Puppen anderer Ameisen und ziehen sie auf, um sie später als Sklaven zu ihrem Vortheil zu benutzen. Das Verhältniss beruht somit nicht auf Gleichberechtigung, indem das eine Thier, in dem vorliegenden Beispiele die Ameise, das Zusammenleben veranlasst, das andere Thier passiv in dasselbe hineingeräth.

Einen Fall vollkommenster Gleichberechtigung und echter Symbiose liefern uns dagegen ein Krebs und eine Actinie, der Pagurus Prideauxi und die Adamsia palliata. Wie jede Pagurusart, bewohnt auch dieser Einsiedlerkrebs die Schale einer Schnecke, aus deren Mündung er nur mit seinen Beinen und Scheeren hervorschaut. Auf dem Schneckenhaus siedelt sich eine kleine Actinie an, welche mit ihrem Körper den Eingang des Schneckenhauses umgiebt. Wenn der Krebs im Laufe seines Wachsthums gezwungen wird, ein neues grösseres Schneckenhaus zu beziehen, so nimmt er stets seine Begleiterin mit. Die Vortheile, welche die Actinie aus dieser Symbiose zieht, sind klar; sie bekommt ihren Antheil an der Beute, welche der schnellfüssige Krebs erjagt. Weniger klar ist es, warum der Krebs auf das Zusammenleben so grossen Werth legt; indessen ist die Actinie ihm vielleicht von Vortheil, indem sie mit ihren Nesselbatterien den Eingang in die Schale bedeckt und somit Eindringlinge abhält, welche in das Innere der Schale hineinschleichen und dem weichen Hinterleib des Krebses gefährlich werden könnten.

Dass Thiere im Allgemeinen selten mit einander in Symbiose leben, hat seinen Grund vornehmlich wohl darin, dass die Lebensbedingungen aller Thiere bis zu einem gewissen Grade ähnlich oder gleich sind. Sie alle nehmen Kohlenstoff- und Stickstoff-reiche Verbindungen auf und zersetzen sie, indem sie dieselben unter Zutritt des Sauerstoffs der Luft in Kohlensäure, Wasser und stickstoffhaltige Oxydationsproducte zerlegen. Alle Thiere sind somit Concurrenten im Wettbewerb um die Nahrung. Derselbe Grund macht es auf der andern Seite begreiflich, weshalb umgekehrt echte Symbiose zwischen Pflanzen und Thieren gar nicht selten ist. Besonders sind es niedere Algen, die Zooxanthellen, die

oft in Thieren leben. Gewisse Rhizopoden, vor Allem die Radiolarien, enthalten in ihrem Weichkörper grün oder gelb gefärbte Zellen mit solcher Constanz, dass man sie lange für Bestandtheile ihres Körpers hielt. Ganz ähnliche gelbe und grüne Zellen bevölkern das Magenepithel vieler Actinien, Corallen und sogar mancher Würmer. Die Zooxanthellen ernähren sich von der Kohlensäure, welche in den thierischen Geweben gebildet wird, und athmen Sauerstoff aus, welcher wiederum für das Thier von grosser Bedeutung ist; sie bilden ferner Stärke und andere Kohlenhydrate, und ist es nicht ausgeschlossen, dass ein hierbei entstehender Ueberschuss als Nährmaterial dem Thiere zu Gute kommen kann. So spielt sich hier im kleinen Raum der Kreislauf der Stoffe ab, wie er im Grossen in der Natur zwischen Thier- und Pflanzenreich vorhanden ist. Mit Hilfe des Blattgrüns und der chemischen Einwirkung des Sonnenlichts zerlegen die Pflanzen Wasser und Kohlensäure und bilden aus ihnen Sauerstoff, den sie ausathmen, und kohlenstoffreiche Verbindungen, welche sie in ihren Geweben ablagern; sie sind Reductionsorganismen. Umgekehrt athmen die Thiere Kohlensäure und Wasser aus, nehmen dagegen Sauerstoff aus der Luft und kohlenstoffreiche Verbindungen durch ihre Nahrung auf; den Sauerstoff benutzen sie, um die chemischen Verbindungen zu zerlegen, zu oxydiren, sie sind Oxydationsorganismen. Daher erklärt es sich, weshalb die günstigen Einwirkungen der Pflanzen auf die Thiere sofort aufhören, wenn sie den Charakter ihres Stoffwechsels verändern. Pilze und Bacterien haben mit dem Verlust des Chlorophylls die Fähigkeit, Kohlensäure zu reduciren, verloren; sie beziehen die Nahrung von anderen Organismen und zerlegen dieselbe in Kohlensäure, Wasser u. s. w.; sie sind Oxydationsorganismen wie die Thiere und somit gefährliche Concurrenten der Thiere geworden. Wo sie im thierischen Körper sich niederlassen, bringen sie demselben fast stets nur Schaden; sie sind daher die Ursachen vieler dem Thier äusserst gefährlicher Krankheiten.

IV. Thier und Pflanze.

Die Betrachtungen über Symbiose haben uns darauf geführt, dass zwischen Pflanzen und Thieren ein Gegensatz in der Art des Stoffwechsels existirt, der sich darin ausdrückt, dass Pflanzen zumeist Kohlensäure aufnehmen und Sauerstoff ausathmen, während die Thiere Sauerstoff einathmen und Kohlensäure abgeben. Hieraus könnte man schliessen, dass es leicht sein müsse, allgemein giltige Unterschiede zwischen Pflanzen und Thieren ausfindig zu machen, wie denn in der That der Laie nie im Zweifel ist, bei den ihm allein bekannten höher organisirten Thieren und Pflanzen zu entscheiden, welchem Naturreich er dieselben zurechnen soll.

Je mehr man sich aber mit dieser Frage beschäftigt hat, um so schwieriger hat sich die Lösung derselben herausgestellt. Schon die alten Zoologen kamen zu der Auffassung, dass es Organismen gäbe, welche auf der Grenze von Thier- und Pflanzenreich ständen, und der Engländer

Wotton nannte dieselben direct Pflanzenthiere oder Zoophyten. Jetzt wissen wir, dass die Pflanzenthiere des Wotton echte Thiere sind mit einer oberflächlichen Pflanzenähnlichkeit; dafür sind wir durch das Microscop mit zahlreichen niederen Organismen bekannt geworden, deren Zugehörigkeit zu einem der beiden Naturreiche noch umstritten ist. Als solche sind zu nennen die Myxomyceten und viele Flagellaten.

Unterscheidung von Thier und Pflanze.

Will man scharfe Unterschiede zwischen Thieren und Pflanzen ausfindig machen, so kann man einerseits physiologische, andererseits morphologische Merkmale heranziehen. Von physiologischem Gesichtspunkt ausgehend schrieb Linné den Pflanzen nur die Fähigkeiten der Fortpflanzung und Ernährung, den Thieren dagegen ausser diesen noch die Fähigkeiten der Bewegung und Empfindung zu. Seitdem wir wissen, dass das pflanzliche Protoplasma so gut wie das thierische reizbar und zu Bewegungen befähigt ist, seitdem wir die lebhaften Bewegungen niederer Algen, die grosse Empfindsamkeit der Mimosen und anderer Pflanzen kennen gelernt haben, seitdem wir ferner wissen, dass zahlreiche selbst höher organisirte Thiere wie Krebse (Fig. 109) die Ortsbewegung verlieren und festwachsen und manche festsitzende Formen wie viele Spongien (Fig. 81) auch bei der genauesten Untersuchung unbeweglich und gegen Reize unempfindlich erscheinen, haben wir darauf verzichtet, die sogenannten animalen Functionen als sichere Unterschiede zu betrachten.

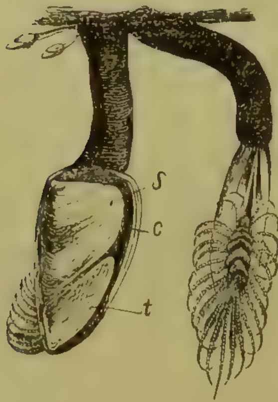


Fig. 109. Lepas anatifera (nach Schmarda). *c* Carina, *t* Tergum, *s* Scutum, *p* Stiel.

Auch der Gegensatz im Stoffwechsel ist keineswegs durchgreifend. Jede Pflanze hat einen doppelten Stoffumsatz. Bei seinen Bewegungen und anderweitigen Lebensleistungen liefert das pflanzliche Protoplasma Kohlensäure und verbraucht Sauerstoff; daneben geht einher unter dem Einfluss des Sonnenlichts und des Chlorophylls die Reduction der Kohlensäure und die Abgabe von Sauerstoff. Am Tage überwiegen bei chlorophyllhaltigen Pflanzen die Reductionsvorgänge so bedeutend, dass sich als Endresultat die Abgabe grosser Mengen von Sauerstoff herausstellt, und nur Nachts, wenn die Reductionsvorgänge wegen des Mangels an Sonnenlicht eingestellt werden, gelangt die Kohlensäureproduction zur Wahrnehmung. Die Reductionsvorgänge kommen aber sofort dauernd in Wegfall, wenn das Chlorophyll fehlt; chlorophyllose Pilze und Bacterien haben daher denselben Stoffwechsel wie Thiere.

Ebenso ist es auch nicht richtig, dass nur die Pflanzen die Fähigkeit haben, Cellulose zu bilden. Denn Cellulose findet sich bei manchen niederen Thieren, den Rhizopoden, und in der hochorganisirten Gruppe der Tunicaten, ja nach neueren Untersuchungen scheint sie auch bei Arthropoden verbreitet zu sein.

So kämen denn die morphologischen Merkmale zur Discussion. — Vielzellige Thiere und vielzellige Pflanzen sind leicht zu unterscheiden, da erstere in der Keimblattbildung ein ihnen allein zukommendes Anordnungsprinzip der Zellen haben. Mit dem Auftreten des Gastrulastadiums ist jeder Organismus als unzweifelhaftes Thier charakterisirt.

Indessen bei einzelligen Organismen kommt die Anordnungsweise der Zellen in Wegfall und kann nur die Beschaffenheit der einzelnen Zelle uns leiten. Giebt es nun unzweifelhafte morphologische Unterschiede zwischen der thierischen und der pflanzlichen Zelle?

Im Bau der Pflanzen- und Thierzelle ist ein wichtiger Unterschied dadurch bedingt, dass erstere ein Cellulosemembran besitzt, letztere dagegen zumeist membranlos ist. Auf diesen Unterschied muss in letzter Instanz das so verschiedene Aussehen der beiden Reiche zurückgeführt werden. Indem die Pflanzenzelle sich frühzeitig mit einem festen Panzer umhüllt, verliert sie ein gutes Theil von der Fähigkeit zu weiterer Umgestaltung; daher sind pflanzliche Gewebe und Organe einförmig gegenüber der ungeheuren Vielgestaltigkeit, welche die thierische Histologie und Organologie erkennen lässt. Die so ausserordentlich viel höhere Stufe der Organisation, welche das Thierreich selbst in seinen niederen Classen erreicht, ist zum grossen Theil wohl eine Folge davon, dass die Zellen des Thieres sich nicht eingekapselt, sondern sich die Fähigkeit zu mannichfacher und höherer Entwicklung bewahrt haben.



Fig. 110. Oedogonium in Zoosporenbildung. *A* ein Stück des Algenfadens mit ausschlüpfendem Zellinhalt. *B* aus dem Inhalt hervorgegangene Zoospore *C* Zoospore festsitzend in Keimung (nach Sachs).

Allein auch hier ergeben sich bei niederen Pflanzen und Thieren Uebergänge. Bei niederen Algen haben die Zellen die Fähigkeit, aus der Cellulosemembran herauszutreten und freibeweglich herumzuschwimmen (Fig. 110), ehe sie sich wieder auf's Neue einkapseln. Andererseits besitzen die meisten einzelligen Thiere die Encystirung; sie pausiren mit ihren gewöhnlichen Lebensfunctionen, kugeln sich zusammen und umhüllen sich mit einer festen, manchmal sogar aus Cellulose bestehenden Membran. Da in beiden Fällen ein Wechsel zwischen eingekapselten und freibeweglichen Zuständen vorhanden ist, kann nur die längere Andauer des einen oder des anderen bei der Unterscheidung leiten. Damit ist aber die Möglichkeit, dass indifferente Zwischenformen existiren, gegeben; ihre thatsächliche Existenz ist Grund, weshalb wir auch jetzt noch keine scharfe Grenze zwischen Thier- und Pflanzenreich ziehen können.

V. Geographische Verbreitung der Thiere.

Schon eine oberflächliche Kenntniss von der Verbreitungsweise der Thiere lässt erkennen, dass die Thierfauna an verschiedenen Punkten der Erde einen wesentlich anderen Charakter hat. Zum Theil ist diese Verschiedenartigkeit der Faunen eine unmittelbare Folge der klimatischen Unterschiede. Eisbär, Polarfuchs, Eiderenten und viele andere Schwimmvögel sind auf die Polarzone angewiesen, weil sie ein bestimmtes Maass von

Wärme nicht ertragen können; umgekehrt sind die grossen Katzenarten, die Affen, die Colibris etc. nur in tropischen oder subtropischen Gegenden vertreten, weil sie gegen die Einflüsse der kühleren Witterung nicht genügend geschützt sind.

Wäre das Klima der einzige die Verbreitung bestimmende Factor, so müsste der faunistische Charakter von 2 Ländern, welche gleiche klimatische Verhältnisse besitzen, im Wesentlichen derselbe sein; umgekehrt müssten innerhalb eines zusammenhängenden, sich durch mehrere Klimazonen hindurch erstreckenden Territorium die einzelnen Regionen gänzlich verschiedene Thierfaunen besitzen, je nachdem sie dem Aequator oder den Polen benachbart sind. Beides trifft nicht zu; zwei tropische Länder können im Charakter ihrer Thierwelt einander ferner stehen, als die heissen und kalten Gegenden eines und desselben Continents.

Die moderne Zoologie ist bemüht, diese eigenthümlichen Verhältnisse zu erklären, indem sie die jetzige Verbreitung der Thiere als das Product von zwei Factoren auffasst: der allmähligen Umgestaltung der Thierwelt und ferner der allmähligen Umgestaltung der dem Thierreich zur Ausbreitung dienenden Erdoberfläche. Die in der Geologie niedergelegte Erdgeschichte lehrt Zweierlei: 1. dass die Zusammenhänge der Erdtheile vielfach gewechselt haben, dass z. B. zu einer Zeit, wo das Mittelmeer noch nicht seine heutige Ausdehnung gewonnen hatte, Marokko, Algier, Tunis und Aegypten mit dem europäischen Nordrand des Mittelmeers inniger verknüpft waren als mit dem südlichen, jetzt durch die Sahara getrennten Theil des afrikanischen Continents, 2. dass erhebliche Klimaschwankungen stattgefunden haben; in Europa herrschte in der Tertiärzeit ein subtropisches Klima, welches Thieren, wie sie jetzt in Algier vorkommen (Löwe), die Existenz ermöglichte. Umgekehrt trat später eine Kälteperiode ein, welche in weite Strecken des europäischen Continents polare Lebensbedingungen und damit eine Fauna nordischer Thiere (Rennthier) einführte. Hand in Hand mit den geologischen Veränderungen gingen nun weiter auch Veränderungen in der Thierwelt vor sich, indem vorhandene Arten unter dem Wechsel der Existenzbedingungen ausstarben oder durch allmählige Umbildung neue Arten lieferten. So gestaltet sich die Thiergeographie zu einem äusserst verwickelten Problem, dessen Lösung eine umfassende Reihe von Vorarbeiten voraussetzt. Wir müssen genau wissen, wie sich die Zusammenhänge des Festlands und die Klimavertheilung besonders in den letzten Erdperioden verändert haben; wir müssen ferner erforscht haben, nicht nur wie sich jetzt die Thiere über die Erdoberfläche vertheilen, sondern auch wie sie in früheren Zeiten vertheilt gewesen sind. Endlich müssen zuvor Anatomie und Entwicklungsgeschichte in ganz detaillirter Weise uns die Verwandtschaftsbeziehungen der Thiere klargelegt haben.

Bis zur Lösung der hier kurz skizzirten Aufgabe ist es ein unendlich weiter Weg; was bisher erforscht wurde, kann nur die Bedeutung einer vorläufigen Prüfung haben, dass die Zoologie mit ihren herrschenden Anschauungen über die Umformung der Thiere und der Erde auf dem richtigen Wege ist. Ein Prüfstein für die Richtigkeit dieser Anschauungen würde es sein, wenn sich feststellen liesse, dass die faunistische Aehnlichkeit zweier Länderstrecken in erster Linie davon abhängt, wie lange sie mit einander in enger Verbindung und in Folge dessen auch im Austausch der sie bewohnenden Thiere gestanden haben. Zwei Länder, welche in frühen Perioden der Erdgeschichte von einander getrennt wurden, ohne sich je wieder mit einander vereinigt zu haben, müssen rücksichtlich ihrer Thiere einander fremder sein, als Länder, welche jetzt noch zusammenhängen oder

erst jüngst von einander getrennt worden sind. Bei der näheren Durchführung der erörterten Gesichtspunkte haben die Thiergeographen versucht, grosse Faunengebiete der Erde, Thierprovinzen oder Regionen zu unterscheiden und innerhalb dieser wieder Abtheilungen von geringerer Bedeutung, die Subregionen. Man hat diese Provinzen vorwiegend auf die Verbreitungsweise der Säugethiere, weniger auf die der Vögel und übrigen Thiere begründet. Denn die Verbreitungsweise der Säugethiere wird hauptsächlich von denjenigen Veränderungen der Erdoberfläche bestimmt, welche sich geologisch am besten controliren lassen und am meisten Interesse besitzen. Den meisten Säugethieren setzen Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche oft unüberwindliche Barrièren entgegen, Hebungen, wenn sie zur Bildung gewaltiger vergletscherter Gebirgskämme führen, Senkungen, wenn in ihrem Gefolge Meeresarme entstehen, welche, wenn auch vielleicht nur schmale, so doch für die meisten Säugethiere unüberschreitbare Wasserstrecken zwischen zwei vorher verbundene Länder einschieben. Vögel und gut fliegende Insecten werden von allen solchen Veränderungen der Erdoberfläche weniger betroffen; sie können ihrer Mehrzahl nach Meeresarme und Gebirgsketten überfliegen, wie es denn Vögel giebt, die sogar grosse Meere, wie den atlantischen Ocean, überschreiten.

Von den bisher aufgestellten thiergeographischen Systemen hat am meisten Anklang die von Sclater und Wallace vorgeschlagene Eintheilung gefunden. Die englischen Gelehrten unterscheiden folgende 6 Hauptregionen: 1. die paläarctische, welche ganz Europa, den Norden Afrikas bis zur Sahara und das nördliche Asien bis zum Himalaya umfasst; 2. die äthiopische, das gesammte südlich der Sahara gelegene Afrika; 3. die orientalische, zu der Vorder- und Hinterindien, das südliche China und die westlichen malayischen Inseln gehören; 4. und 5. die nearctische und neotropische Region, welche den amerikanischen Continent ausmachen und durch eine Linie, welche in der Gegend des Nordrands von Mexiko zu ziehen ist, getrennt werden; 6. die australische, zu der man ausser Australien selbst die grossen und kleinen Inseln des stillen Oceans und die östlichen malayischen Inseln inclusive Celebes und Lombok rechnet.

1. Die australische Region ist von allen übrigen wohl am schärfsten unterschieden, wie denn unzweifelhaft das unter diesem Namen zusammengefasste Ländergebiet am frühzeitigsten sich vom Rest des festen Landes getrennt hat. Für sie ist vor Allem die Beutelthierfauna charakteristisch. Während die Beutelthiere, welche in der Tertiärzeit die gesammte Erdoberfläche bewohnten, in Europa, Asien und Afrika gänzlich ausstarben und in Amerika sich nur in der Familie der Beutelratten erhielten, haben sie umgekehrt in Australien eine Fortbildung erfahren. Dagegen fehlen in Australien die höheren placentalen Säugethiere, welche die Beutelthierfauna der alten Welt verdrängt haben, bis auf die durch die Menschen eingeführten und einige Wasser bewohnenden Formen, ferner Mäuse und Fledermäuse, Thiere, welche leicht durch Flug oder durch Transport auf schwimmendem Holz vertragen werden. Nur auf die an die orientalische Region angrenzenden Inseln haben sich wenige kleinere Raubthiere, Hufthiere und Affen ausgebreitet. Eine weitere Eigenthümlichkeit der australischen Region sind die Paradiesvögel Neuguineas, die Eier legenden Säugethiere, Ornithorynchus und Echidna, die merkwürdige Hatteria und der Kiwi Neuseelands, der Kasuar und der Dromaeus novae Hollandiae.

2. Nächst Australien ist am besten umschrieben die neotropische Region, Südamerika mit dem angrenzenden Theil von Centralamerika.

Wir finden hier den Verbreitungsbezirk der breitnasigen Affen, während die schmalnasigen Affen der alten Welt angehören; wir finden die Gürtelthiere, Faulthiere, Ameisenfresser, Beutelratten ausschliesslich in Amerika, von Vögeln die Colibris, die merkwürdigen Cotingiden, Tanagriden u. a.

Die Abgrenzung der 4 übrigen Provinzen ist nicht so leicht zu bewerkstelligen wie die der beiden bisher betrachteten. Da Nordamerika durch einen Inselgürtel mit Nordasien verbunden ist, haben unzweifelhaft die nearctische und paläarctische Region vielfach in Formenaustausch gestanden. Ferner hat sich beim wiederholten Wechsel des Klimas der nearctischen und paläarctischen Regionen die Möglichkeit ergeben, dass ihre Thierwelten sich einerseits mit der neotropischen, andererseits mit der äthiopischen und orientalischen vermischten. Ebenso hat die orientalische Thierprovinz an Schärfe der Abgrenzung gegen die australische verloren, indem die continuirliche Kette der malayischen Inseln einen andauernden Formenaustausch ermöglichte. Immerhin hat jede der genannten 4 Provinzen zahlreiche Gattungen und Familien ausschliesslich für sich und zeichnet sich durch den Mangel gewisser Lebewesen aus.

3. Die nearctische Region hat besonders 3 Säugethierfamilien eigenthümlich, die Gabelgemsen, die Taschenratten und die Haplodonten, aus der Classe der Amphibien die Sireniden und Amphiumiden. Von der am nächsten verwandten paläarctischen Region ist sie ausserdem noch unterschieden durch das Eindringen neotropischer Formen, wie der Waschbären, Beutelratten, Colibris etc.

4. Die paläarctische Region ist ein Gebiet, welches sich über den grössten Theil der Erde erstreckt und dabei an viele andere Thierprovinzen angrenzt. Daher ergeben sich einerseits wichtige durch Klima und weite Entfernung bedingte Unterschiede zwischen den einzelnen Localfaunen, andererseits erklärt sich daraus, dass die paläarctische Region keine Familien ausschliesslich für sich besitzt. Familien, welche wenigstens vorwiegend hier ihre Entwicklung gefunden haben, sind die Hirsche, Ochsen, Schafarten und Kamele; besonders hervorstechende Gattungen sind die Gemsen, Siebenschläfer, Dachse und Pfeifhasen.

5. Die äthiopische Region hat viele Familien für sich allein, unter denen die Flusspferde und Giraffen, die Capschweine und, wenn wir Madagascar zur Region hinzuziehen, die Fingerthiere die charakteristischsten sind. Ebenso bemerkenswerth ist das gänzliche Fehlen äusserst auffallender Familien und Gattungen, wie der Bären, Maulwürfe, Hirsche, Ziegen, Schafe, der echten Ochsen und Schweine, soweit sie nicht domesticirt und eingeführt sind. Innerhalb der Region nimmt die Insel Madagascar eine höchst merkwürdige Stellung ein. Die Insel ist das Land der Halbaffen und Insectenfresser; namentlich ist kein Land so reich an Halbaffen, von denen die Mehrzahl der Gattungen ausschliesslich in Madagascar lebt. Dagegen fehlen die grossen Raubthiere, die Katzen, Hyänen, Hunde und die allerdings auch in Afrika nicht vertretenen Bären, sämmtliche echte Affen, Antilopen, Elephanten und Rhinozerosarten. Da sich somit Madagascar ganz erheblich von Afrika unterscheidet, trennen viele Zoologen die Insel von der äthiopischen Region ab; manche wollen ihr sogar den Rang einer selbständigen Hauptregion geben.

6. Die orientalische Region enthält nächst Madagascar die meisten Halbaffen, unter denen die Tarsiden und Galeopitheciden (vielfach zu den Insectivoren gerechnet) ausschliesslich orientalisch sind. Auffällige Vertreter der Provinz sind ausserdem die Gibbons und Orang Utangs, der Moschushirsch, zahlreiche Familien und Gattungen der Vögel. — —

In der Neuzeit gewinnt die Anschauung immer mehr an Boden, dass man ausser den besprochenen sechs Thierprovinzen noch zwei weitere circumpolare aufstellen müsse, die arctische und die antarctische. Beide besitzen eine aus wenigen Arten, aber zahlreichen Individuen bestehende Thierwelt, aus welcher für die nördliche oder arctische Region die Alken, Eisbären, Rennthiere, Eisfüchse, für die antarctische die Pinguine besonders charakteristisch sind. — —

Zur Thiergeographie gehört ferner die Verbreitung der Thiere im Meer und im süssen Wasser. Da die meisten Meere im Zusammenhang stehen, so sind faunistische Regionen in der Schärfe wie bei der Landfauna nicht zu erkennen; erhebliche Unterschiede sind nur da vorhanden, wo zwei Oceane durch Continente getrennt werden, welche weit nach Norden und Süden vorragen; erhebliche Unterschiede bestehen z. B. zwischen dem rothen Meer und dem geographisch benachbarten Mittelmeer, zwischen der Ost- und Westküste von Nordamerika, selbst da, wo sie nur durch die schmale Landenge von Panama getrennt werden.

Viel auffälliger sind bei der Meeresfauna gewisse Unterschiede, welche durch die Abänderung der Lebensbedingungen in den einzelnen Meerestiefen herbeigeführt werden. Man kann eine Tiefseefauna, eine Küstenfauna und eine pelagische Fauna aufstellen. Die Küstenfauna umfasst die Thiere, welche die pflanzenbewachsenen felsigen oder sandigen Ufer bis einige 100 Meter tief theils festgewachsen, theils frei beweglich besiedeln. Die Tiefseefauna schwimmt, kriecht oder ist festgewachsen auf dem Boden der 1000 bis fast 9000 Meter tiefen Abgründe der Oceane; sie unterscheidet sich wesentlich von der Küstenfauna durch ihren alterthümlichen Charakter, indem hier vielfach Gattungen und ganze Thierabtheilungen fortleben, welche man lange Zeit vorwiegend aus früheren Erdperioden kannte, wie die Hexactinelliden, Crinoideen, gewisse Seesterne und Seeigel etc.

Unter pelagischer Thierwelt versteht man das, was frei im Wasser schwebt, das „Plankton“; viele Coelenteraten, Medusen und Ctenophoren, ganze Abtheilungen der Protozoen, wie die Radiolarien, mancherlei Krebse und Krebslarven, von den Mollusken die Heteropoden und Pteropoden gehören hierher. Diese Thiere leben entweder an der Oberfläche des Meeres selbst oder frei suspendirt in grösseren und geringeren Tiefen bis zu 8000 Meter und noch mehr. Zumeist sind sie gallertig weich und von glasartiger Durchsichtigkeit, was wohl als sympathische Färbung und Anpassung an die durchsichtige Klarheit des Meerwassers betrachtet werden muss.

Im Süsswasser muss man 2 Gruppen von Thieren auseinander halten, von denen die eine vorwiegend die höher organisirten Formen, die Mollusken, Fische und höheren Krebse, die andere die niedere Lebewelt umfasst. Die Verbreitungsweise der ersteren wird vorwiegend von den Momenten bestimmt, welche auch bei der Scheidung der Landbewohner wirksam sind; die Verbreitungsweise der letzteren ist dagegen eine kosmopolitische. Dieselben Infusorien und Rhizopoden, Branchiopoden und Copepoden, Süsswasserschwämme und Polypen, welche bei uns in Deutschland vorkommen, scheinen über die ganze Erde verbreitet zu sein. Das hängt damit zusammen, dass alle diese Thiere Ruhezustände besitzen, in denen sie das Eintrocknen vertragen. Die Ruhezustände, seien es hartschalige Eier oder ganze eingekapselte Thiere, können wie Staub vom Winde verweht oder mit Schlamm von Wasservögeln verschleppt werden, um, von Neuem in das Wasser gelangt, ihre volle Entwicklungsfähigkeit zu bethätigen.

Specielle Zoologie.

Nachdem wir die wichtigsten Merkmale thierischer Organisation in der allgemeinen Zoologie kennen gelernt haben, müssen wir nunmehr verfolgen, welche Unterschiede im Bau und in der Entwicklungsweise der Thiere nachweisbar sind, und wie diese Unterschiede es ermöglichen, eine Zahl von grösseren und kleineren Abtheilungen und Unterabtheilungen des Thierreichs, von Stämmen, Classen, Ordnungen, Tribus, Familien etc., aufzustellen. Bei dieser systematischen Betrachtung des Thierreichs werden wir die Eintheilung in sieben Stämme zu Grunde legen, welche wir am Schluss der Geschichte der Zoologie kennen gelernt haben: 1. Protozoa, 2. Coelenterata, 3. Vermes, 4. Echinodermata, 5. Mollusca, 6. Arthropoda, 7. Vertebrata. Es ist nicht zu verkennen, dass bei dieser Eintheilung des Thierreichs in sieben Stämme manche Gruppen nur schwierig und nicht ohne Zwang in einem der Stämme ihr Unterkommen finden; solche Gruppen sind die Tunicaten, Bryozoen und Brachiopoden. Aus ihnen besondere Stämme des Thierreichs zu bilden, ist aber wegen der Formenarmuth, die in jeder der drei Gruppen herrscht, nicht zweckmässig; wir wollen sie daher als Anhang zum Stamm der Würmer abhandeln. Für jeden Leser wird es ein Leichtes sein, gebotenen Falles die drei Gruppen von den Würmern abzulösen und zu selbständigen Stämmen zu formiren.

Ferner ist noch zu der oben aufgestellten Eintheilung zu bemerken, dass die unter den Nummern 2—7 aufgeführten Stämme Vielerlei gemeinsam haben, wodurch sie sich von dem ersten Stamm, den Protozoen, unterscheiden. Wir wollen diese Erscheinung dadurch zum Ausdruck bringen, dass wir die sechs Stämme unter dem gemeinsamen Namen „Metazoen“ zusammenfassen.

I. Stamm.

Protozoen oder Urthiere.

Grösse der Protozoen.

Die Protozoen oder Urthiere sind durchschnittlich von geringer Körpergrösse; die meisten von ihnen können eben noch von einem scharf beobachtenden Auge als kleine Punkte wahrgenommen werden;

viele sind sogar so klein, dass zu ihrer Auffindung das unbewaffnete Auge nicht ausreicht und die Benutzung des Microscops nothwendig wird; auf der anderen Seite giebt es allerdings auch Formen, welche einen Durchmesser von mehreren Millimetern oder gar Centimetern erreichen, was namentlich dann zutrifft, wenn Hunderte von Individuen zu einer Colonie vereinigt sind.

Bau. Die geringe Körpergrösse der Protozoen ist eine nothwendige Folge davon, dass sie nur aus einer einzigen Zelle bestehen; sie sind Klümpchen jener eigenthümlichen Substanz, welche man früher Sarkode genannt hat, der man aber jetzt den Namen Protoplasma giebt, weil sie in ihren Lebenserscheinungen mit dem Protoplasma der thierischen und pflanzlichen Zellen im Wesentlichen übereinstimmt. Zum Protoplasma kommt als ein weiteres Zellattribut die Anwesenheit von einem oder mehreren Kernen. Mit der Einzelligkeit hängt es ferner zusammen, dass den Protozoen echte Gewebe und echte Organe fehlen; sie haben keinen Darm, kein Nervensystem, keine Geschlechtsorgane etc.; die fundamentalen Funktionen der Ernährung, Empfindung, Bewegung und Fortpflanzung werden mehr oder minder unmittelbar vom Protoplasma geleistet.

Ernährung. Bei der Ernährung, sofern sie nicht durch gelöste Stoffe erfolgt, gelangen Fremdkörper in das Protoplasma hinein und werden von demselben verdaut; meist liegen sie während der Verdauung in besonderen Flüssigkeitsansammlungen (Fig. 117, 139 *na*), den Nahrungsvacuolen, seltener unmittelbar in der Körpersubstanz selbst. Alles Unverdauliche wird nach einiger Zeit wieder ausgestossen. Die Aufnahme und Entleerung der Fremdkörper kann bei den niederen Protozoen an jedem Punkt der Körperfläche erfolgen, während bei den höher organisirten dazu bestimmte Oeffnungen dienen, welche man nach Analogie mit den vielzelligen Thieren Mund und After oder prägnanter Zellenmund „Cytostom“ und Zellenafter „Zytopyge“ nennt. Der Zellenmund kann sogar in einen nach innen in das Protoplasma einleitenden Canal führen, eine Art Oesophagus oder Cytopharynx.

Bewegung. Auch sonst können innerhalb der Protozoenzelle Einrichtungen entstehen, welche an die Organe höherer Thiere erinnern und daher Zellorgane heissen. Wenn auch gewöhnlich zur Fortbewegung das Protoplasma mit seinen Anhängen, den Pseudopodien, Geisseln und Flimmern, ausreicht, so giebt es doch Protozoen, welche echte Muskelfibrillen erzeugen, wie die Stentoren und Vorticellinen. Die Reizbarkeit der Protozoen gegen Licht wird in manchen Fällen besonders gesteigert, indem sich ein Augenfleck entwickelt, eine umschriebene Pigmentanhäufung, in welcher sogar eine Linse vorhanden sein kann.

Contractile Vacuole. Zu den verbreitetsten Zellorganen, gehören endlich die contractilen Vacuolen (Fig. 111 u. f. cv.), Gebilde, welche bei den Süsswasserprotozoen nur selten, bei den Meeresbewohnern dagegen meist vermisst werden und sich von den schon erwähnten Nahrungsvacuolen in dreifacher Weise unterscheiden. Erstens nehmen sie im Körper des Thieres eine bestimmte Lagerung ein, zweitens ist ihre Zahl für die meisten Arten annähernd constant, drittens besitzen sie äusserst charakteristische Lebenserscheinungen. Ihre Wandungen contrahiren sich und entleeren den flüssigen Inhalt — manchmal durch einen besonderen Ausfuhrgang — nach aussen. Ist in Folge der Entleerung die Vacuole vollkommen verschwunden, so entsteht sie nach einiger Zeit von Neuem, indem

sie sich mit Flüssigkeit aus dem umgebenden Protoplasma füllt. Durch diese Functionsweise erinnern die contractilen Vacuolen an die Nieren der Würmer, die später zu besprechenden Wassergefässe; wahrscheinlich entleeren sie schädliche, im Körper durch die Lebensprocesse entstandene, gelöste Stoffe, darunter möglicherweise auch nach Art der Respirationsorgane Kohlensäure.

Das Vorkommen so mannichfacher, an Organe und Gewebe erinnernder Differenzirungen kann dem Körper der Protozoen ein complicirtes Aussehen und ein Maass der Leistungsfähigkeit verleihen, dass es schwer fällt, das Alles einer einzigen Zelle zuzutrauen. Doch wäre es falsch, deswegen Zweifel an der Einzelligkeit der Protozoen zu erheben; denn mit dem Begriff der Zelle ist es sehr wohl vereinbar, dass sich ihre bildnerische Thätigkeit nach vielen Richtungen hin gleichzeitig entfaltet, dass sie gleichzeitig eine Art Darm, Muskelfasern, Sinnesapparate, Skeletstücke u. s. w. erzeugt, wenn auch sonst im Organismus der vielzelligen Thiere die Zelle meist nur ein bestimmtes Bildungsproduct, z. B. die Muskelzelle contractile Substanz, die Drüsenzelle Secrete liefert.

Kern.

Wahrscheinlich erfolgen alle Lebensäusserungen des Protoplasma unter dem Einfluss des Kerns, wie aus einer Reihe von Experimenten hervorgeht, welche zeigen, dass Protozoen, welche künstlich durch Verletzung ihres Kerns beraubt werden, nur unvollkommen functioniren und nach einiger Zeit zu Grunde gehen, während kernhaltige Bruchstücke am Leben bleiben. Junge Urthiere sind gewöhnlich einkernig; manche verbleiben in diesem Zustand zeitlebens; andere werden frühzeitig vielkernig. Solche vielkernige Protozoen werden vielfach als Complexe zahlreicher Zellen oder als „Syncytien" gedeutet, allein mit Unrecht; denn abgesehen davon, dass in der thierischen und pflanzlichen Histologie vielkernige Protoplasmamassen nur als eine Zelle angesehen werden, so wird durch die Bezeichnung „Syncytien" zwischen den einkernigen und vielkernigen Protozoen ein Unterschied gemacht, welcher den thatsächlichen Verhältnissen nicht entspricht, da die Leistungsfähigkeit bei beiden vollkommen die gleiche ist.

Fortpflanzung.

Die Vermehrung der Protozoen erfolgt ausschliesslich durch Theilung oder Knospung und ist unter günstigen Bedingungen, namentlich bei reicher Nahrungszufuhr, eine so lebhafte, dass manche Protozoen innerhalb weniger Wochen eine nach Millionen zählende Nachkommenschaft erzeugen. Viele theilen sich im freien Zustand, während sie herumkriechen oder herumschwimmen, andere encystiren sich zuvor, d. h. sie nehmen die Gestalt einer Kugel an und scheiden eine schützende Membran aus. (Fig. 118.) Encystirte Thiere theilen sich meist in mehr als 2 Stücke, in 4, 8 oder gar viele Hunderte von Fortpflanzungskörpern; es kommt häufig vor, dass vielkernige Protozoen ebenso viel Theilstücke liefern, als Kerne vorhanden sind.

Bei den Protozoen begegnet man ausserdem Verschmelzungen, welche in ihrem äusserlichen Verlauf viel Aehnlichkeit mit den Befruchtungsprocessen der Metazoen und Pflanzen haben. Zum Theil sind die Verschmelzungen wohl zufällige und für das Thier unwichtige Erscheinungen, zum Theil aber haben sie unzweifelhaft grosse physiologische Bedeutung. Das erstere gilt von den Rhizopoden, welche vorübergehend verschmelzen und sich wieder trennen, ohne nachweisbare Veränderungen in ihrem Bau oder ihren Verrichtungen zu erfahren; letzteres gilt von den Vereinigungen der Infusorien, Gregarinen und Flagellaten, bei denen erhebliche Umgestaltungen den Vereini-

gungen unmittelbar folgen. Die Vereinigung kann auch hier eine vorübergehende sein oder zu dauernder Verschmelzung führen, die dabei betheiligten Thiere können an Grösse entweder gleich oder so sehr unterschieden sein, dass man von männlichen Thieren (Micro- oder Zoosporen) und weiblichen Thieren (Macro- oder Oosporen) reden könnte. So ergeben sich verschiedenerlei Combinationen, welche als Stufen fortschreitender sexueller Differenzirung aufgefasst werden müssen, wie namentlich das Studium der Infusorien gelehrt hat. Immerhin darf man den wichtigen Unterschied nicht ausser Acht lassen, dass hier ganze Thiere Träger der Geschlechtsthätigkeit sind, während bei den Metazoen die Fortpflanzungszellen nur besondere Theile des Körpers bilden.

Encystirung.

Als kleine und weiche protoplasmatische Körper sind die Protozoen gegen Eintrocknen durch Verdunstung wenig oder gar nicht geschützt und daher auf den Aufenthalt im Wasser angewiesen. Wenige Formen, wie *Amoeba terricola*, leben auf dem festen Lande, aber auch diese nur an feuchten Orten. Meer- und Süsswasser, bei letzterem vorwiegend pflanzenreiche stehende Gewässer, wie Teiche und Tümpel, sind die Lieblingsorte der Protozoen. Die Süsswasserbewohner sind kosmopolitisch, so dass die Protozoenfaunen der verschiedensten Länder einander äusserst ähnlich sind. Das hängt mit ihren besonderen Lebenseinrichtungen zusammen. Die Süsswasserprotozoen besitzen unabhängig von der Fortpflanzung die Fähigkeit sich einzukapseln; im encystirten Zustand überdauern sie die Zeiten ungünstiger Lebensbedingungen, wenn Nahrungsmangel eintritt, wenn das Wasser gefriert oder gar vollkommen verdunstet, so dass sie auf das Trockene gerathen. Im encystirten Zustand können Protozoen wie Staub durch die Winde verstreut oder durch die Füsse von Wirbelthieren, namentlich von Wasservögeln weithin vertragen werden. Daher die eigenthümliche Erscheinung, welche einem Theil der Protozoen den Namen Infusorien oder Aufgussthierchen verschafft hat. Wenn man trockene Erde oder trockene Pflanzen, z. B. Heu, mit Wasser übergiesst und diese Infusion, oder auch nur ein Glas mit reinem Wasser längere Zeit stehen lässt, so entwickelt sich eine mehr oder minder reiche Protozoenfauna in der Flüssigkeit, weil in sie, sei es durch den vom Luftzug verwehten Staub, sei es gleichzeitig mit der Erde oder den Pflanzentheilen, encystirte Thiere hineingerathen waren, welche durch die Benetzung zu neuem Leben erwachten und die Cystenhülle verliessen. Eine Urzeugung, wie man früher annahm, findet hierbei sicherlich nicht statt; denn wenn man die zur Infusion verwandten Materialien sterilisirt und durch Verschluss der ebenfalls sterilisirten Gläser das Eindringen neuer Keime verhindert, bleiben die Infusionen unbelebt, Man sterilisirt Gläser, Wasser, Heu, Erde etc., indem man sie längere Zeit Temperaturen von 100° Cels. aussetzt.

Geschichtliches. Da die meisten Protozoen mit unbewaffnetem Auge gar nicht oder nur eben als kleine Punkte wahrgenommen werden können, blieben sie Jahrhunderte lang unbeachtet. Im Jahre 1675 wurden sie zum ersten Male in Infusionen durch den Holländer von Leeuwenhoek, den Erfinder des Microscops, entdeckt; durch Wrisberg erhielten sie im vorigen Jahrhundert den Namen Aufgussthierchen, „animalcula infusoria". Erst in diesem Jahrhundert wurde der zuerst von Goldfuss, aber in viel weiterem Sinne gebrauchte Name „Protozoen" durch von Siebold für sie eingeführt. Der Vorschlag, einen Theil der Protozoen zu einem Zwischenreich

zwischen den Thieren und Pflanzen, zum Reich der *Protisten*, zu vereinigen, wurde von Haeckel gemacht, hat aber wenig Anklang gefunden und ist im Interesse der Uebersichtlichkeit des Systems auch hier nicht befolgt worden.

Bei der Beurtheilung des Baues standen sich lange Zeit die Ansichten Dujardin's und Ehrenberg's gegenüber. Ehrenberg behauptete mit aller Bestimmtheit, dass die Protozoen wie alle übrigen Thiere die wichtigsten Organe, Darm, Nervensystem, Muskulatur, Excretionsorgane, Geschlechtsdrüsen, besässen. Dujardin stellte dies Alles in Abrede und schrieb den Protozoen nur eine einzige homogene Substanz, die „Sarkode", zu, welche schon genüge, alle Lebensthätigkeiten zu ermöglichen. Dujardin's Lehre fand später eine sehr wichtige Ergänzung durch den Satz Siebold's, dass die Protozoen einzellige Organismen seien. Lange Zeit über war die Ansicht Ehrenberg's in ihrer ursprünglichen Form oder in mehr oder minder wichtigen Modificationen die herrschende; für die Rhizopoden wurde sie endgiltig erst in den 50er Jahren durch Max Schultze und Haeckel beseitigt, für die Infusorien noch später durch die Arbeiten Haeckel's, Bütschli's, Hertwig's u. A.

Die Erkenntniss, dass es einzellige Thiere ohne Organe giebt, welche vollkommen lebensfähig sind, war eine äusserst werthvolle Errungenschaft, erstens weil sich dadurch unsere Auffassungen vom thierischen Leben vertieft haben, zweitens aber weil mit dieser Erkenntniss für die Lehre von der Descendenz der Organismen aus einfachen Urformen das wichtigste Glied der Kette, der Anfang derselben, gefunden wurde.

Systematik. Das verschiedene Aussehen der Protozoen hängt von dem Grad der organologischen und histologischen Differenzierung ab. Da diese vorwiegend in den zur Fortbewegung und Ernährung dienenden Einrichtungen zu Tage tritt, verdienen letztere bei der Eintheilung besondere Berücksichtigung. Je nachdem die Fortbewegung und Nahrungsaufnahme durch Protoplasmafortsätze, durch Geisseln oder Wimpern vermittelt wird, erhalten wir die 3 Classen der Rhizopoden, Flagellaten und Ciliaten (Infusorien s. str.); dazu kommt die durch Parasitismus in Ernährung, Fortbewegung und Fortpflanzung beeinflusste Classe der Gregarinarien oder Sporozoen.

I. Classe.

Rhizopoden, Wurzelfüssler.

An die Spitze der Protozoen müssen wir Organismen stellen, bei denen noch keinerlei constante Einrichtungen zur Fortbewegung und Ernährung getroffen sind, sondern das Körperplasma oder die Sarkode selbst diese Functionen verrichtet. Mit Rücksicht auf die unmittelbare Verwendung der Sarkode können wir die Thiere Sarkodeorganismen oder *Sarkodinen* nennen. Verbreiteter ist der Ausdruck „*Wurzelfüssler*" oder „*Rhizopoden*", welcher sich darauf bezieht, dass das Protoplasma wurzelartige Fortsätze aussendet, welche Nahrungsaufnahme und Bewegung vermitteln. Letztere heissen Scheinfüsschen oder Pseudopodien, da sie zwar zur Fortbewegung dienen, aber von echten Extremitäten sich dadurch unterscheiden, dass sie keine constanten Zellorgane sind, sondern nach Bedürfniss gebildet werden und wieder verschwinden. Ein Pseudopodium entsteht, wenn nach einer Stelle des Körpers das Protoplasma zusammenströmt und über die Oberfläche als ein Fortsatz

hervorfliesst. Indem der Fortsatz sich anheftet und den Körper nachzieht, findet eine langsame Ortsbewegung statt. Dabei schwindet der Fortsatz, indem er wieder in den Körper aufgenommen wird, und es bilden sich an andern Stellen des Körpers neue Fortsätze, welche nach einiger Zeit abermals in den Körper zurückfliessen. Man nennt diese Form der Bewegung amöboid nach den Amöben, bei welchen die Bewegungsweise am frühesten genauer studirt wurde. Wenn nun Rhizopoden bei ihren Wanderungen auf Nahrungskörper stossen, umfliessen sie dieselben mit ihren Protoplasmafortsätzen und verdauen sie innerhalb derselben oder pressen sie in ihre Leibessubstanz hinein. (Fig. 111 N.)

Die Form der Pseudopodien ist für jede Art annähernd constant, im Uebrigen aber sehr mannichfaltig, so dass sie zur Unterscheidung nicht nur verschiedener Arten, sondern sogar von Gattungen, Familien und grösseren Gruppen benutzt werden kann. Es giebt einerseits lappen- oder fingerförmige Pseudopodien (Fig. 111), andererseits Pseudopodien von so grosser Zartheit, dass sie selbst mit starken Vergrösserungen nur wie dünne Fäden aussehen (Fig. 112); zwischen

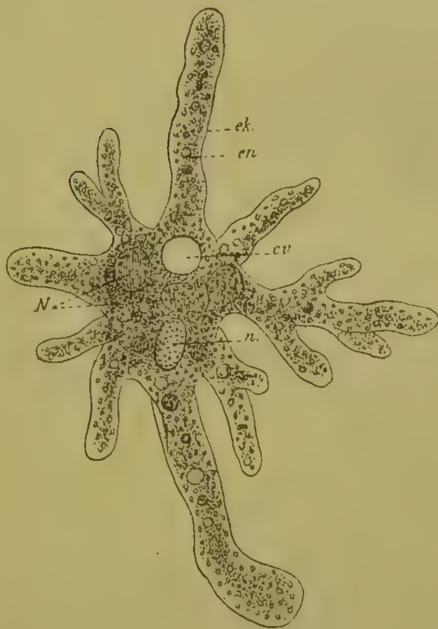


Fig. 111. Amoeba Proteus nach Leidy.

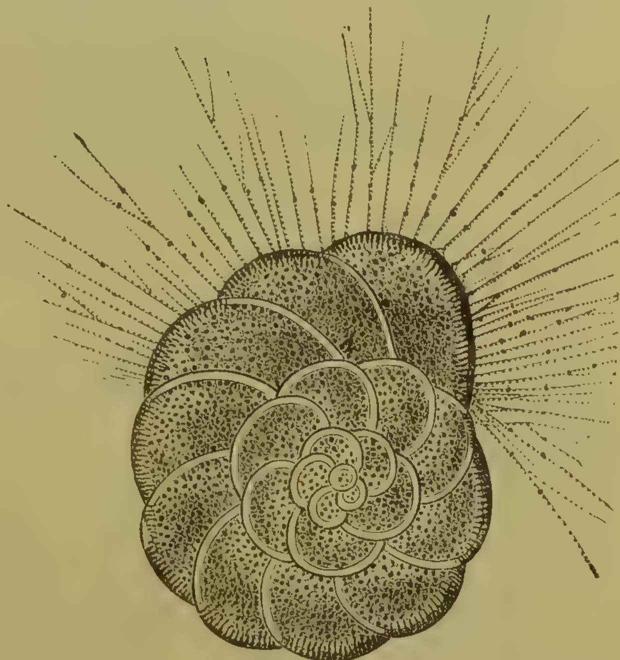


Fig. 112. Rotalia Freyeri (aus Lang nach M. Schultze).

diesen Extremen existiren die mannichfachsten Uebergänge. Fadenförmige Pseudopodien sind meistentheils verästelt; wenn sich die feinen Aestchen begegnen, können sie mit einander zu Netzen verschmelzen und Anastomosen bilden, woraus hervorgeht, dass die Oberfläche der Pseudopodien nicht, wie man früher annahm, von einer Membran bedeckt ist. Die feinen Körnchen des Protoplasma treten meistentheils auf die Pseudopodien über und erzeugen hier, indem sie in centrifugaler und centripetaler Richtung circuliren, das Phänomen der Körnchenströmung. Da auch leblose Partikelchen, wie Carminkörnchen, welche vom Protoplasma aufgenommen werden, sich an der Circulation betheiligen, ist die Ursache der Bewegung nicht in den Körnchen selbst, sondern in dem sie tragenden Plasma zu suchen. Die so überaus wichtige Erscheinung, dass auf demselben feinsten Fädchen

Körnchen, wie etwa Menschen in einer sehr belebten Strasse, nach entgegengesetzten Richtungen strömen und gleichgerichtete Körnchen einander überholen können, haben wir schon früher (Seite 50) benützt, um auf die ausserordentliche Complicirtheit der Protoplasmastructur hinzuweisen.

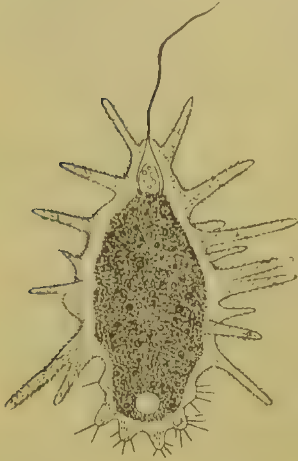


Fig. 113. Mastigamoeba aspera (nach F. E. Schulze).

Wenn Rhizopoden sich im freien oder encystirten Zustand durch Theilung vermehren, vertauschen die Theilproducte häufig die amöboide Bewegung mit der für die Classe der Flagellaten charakteristischen Bewegungsweise und werden zu Geisselschwärmern oder Zoosporen. Der Körper rundet sich zu einem Oval oder zu bohnenförmiger Gestalt ab und entwickelt an seinem vorderen, kernführenden Ende eine oder mehrere Geisseln, welche energischer als Pseudopodien schwingen und constant bleiben, so lange als das Stadium des Geisselschwärmers dauert. (Fig. 119.) Da manche Urthiere dauernd neben den Pseudopodien Geisseln besitzen, verwischt sich die Grenze zwischen Rhizopoden und Flagellaten. (Fig. 113.)

Die Rhizopoden bilden eine aufsteigende Reihe, in welcher die systematischen Merkmale immer charakteristischer werden, sei es dass die Körpergestalt eine bestimmtere wird wie bei den Radiolarien und Heliozoen, sei es dass ein Skelet von gesetzmässiger Form auftritt wie bei den Thalamophoren, sei es endlich dass die Fortpflanzungsweise der Gruppe ein bestimmtes Gepräge verleiht (Mycetozoen). Am niedrigsten stehen Moneren und Amöbinen, deren Charakteristik vornehmlich eine negative ist, insofern weder Skelet noch Körpergestalt noch Fortpflanzungsweise bestimmte systematische Merkmale liefern.

I. Ordnung. Moneren.

Das wichtigste Merkmal der Moneren ist der Mangel eines Kernes. Wie jede negative Charakteristik, so hat auch die vorliegende etwas Missliches. In vielen Fällen sind Kerne sehr schwierig nachzuweisen, besonders wenn das Protoplasma reichlich und von Farbstoffkörnchen getrübt ist (Fig. 114); es können Thiere als kernlos beschrieben werden, nur weil die vorhandenen Kerne übersehen worden waren. Früher war daher die Zahl der „Moneren“ eine sehr grosse: sie schrumpfte zusammen, als die Technik im Nachweis der Kerne sich vervollkommnete. Somit ist es sehr wohl möglich, dass die wenigen jetzt noch als Moneren geltenden Formen Kerne besitzen. Auf der andern Seite können mancherlei theoretische Erwägungen zu Gunsten der Existenz kernloser Organismen geltend gemacht werden. Es ist leichter sich vorzustellen, dass bei der Urzeugung zunächst Organismen entstanden, welche nur von einerlei Substanz gebildet waren, als Organismen, bei denen sich Kern und Protoplasma schon gesondert hatte.

Ein Rhizopod, bei welchem ein Kern noch nicht beschrieben wurde, ist die nachstehend abgebildete, orangefarbige *Protomyxa aurantiaca* H. (Fig. 114); das Thier ist fast 1 mm gross und lebt im Meer. Zu den Moneren würde ferner der *Bathybius Haeckeli* Huxl. (Fig. 115) zu rechnen sein, ein in

seiner Form und Ausdehnung gänzlich unbestimmtes Netz anastomosirender Stränge, welches auf dem Boden des atlantischen Oceans bei der Kabel-



Fig. 114. Protomyxa aurantiaca (nach Haeckel).

legung gefunden wurde. Von den meisten Zoologen wird jedoch die protoplasmatische Natur des Netzes bestritten: es sei ein vorwiegend aus anorganischen Stoffen bestehender Niederschlag, der durch Conservirung des Schlammes in Alkohol hervorgerufen wurde. Auffallend ist es jedenfalls, dass bei allen neueren Tiefseeuntersuchungen der Bathybius nie wieder gefunden wurde. Auch liegen keine sicheren Beobachtungen vor, dass das Netz im frischen Zustand amöboid beweglich war.

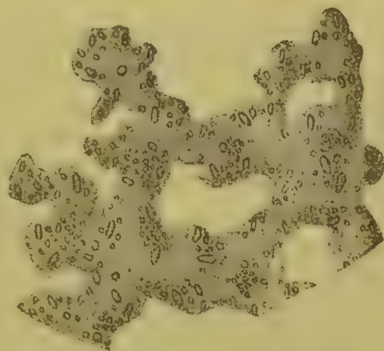


Fig. 115. Bathybius Haeckeli (nach Haeckel).

II. Ordnung. Amöbinen.

Als charakteristische Repräsentanten der Amöbinen können die verschiedenen Arten der Gattung Amoeba gelten, Thiere, welche dem beständigen Wechsel, den ihre Körperform bei der Bewegung erleidet, ihren Namen verdanken (Fig. 111). Der Formenwechsel wird veranlasst durch das Aussenden weniger, stets neu sich bildender und wieder verschwindender, fingerförmiger Pseudopodien. Der Körper und die von ihm ausfliessenden Pseudopodien bestehen aus zwei Schichten, einer weichen, körnchenreicheren Innenschicht, dem Entosark (*en*), und einer festeren, körnchenarmen Aussenschicht, dem Ectosark (*ek*). Im Unterschied von den Moneren haben die Amöbinen stets Kerne,

die meisten Arten nur einen, wenige eine grosse Anzahl. Der Kern (*n*) ist ein Bläschen mit grossem Nucleolus oder zahlreichen kleinen Kernkörperchen. Gewöhnlich ist eine contractile Vacuole vorhanden. Die Fortpflanzung der Amöben erfolgt durch Theilung (Fig. 116.)

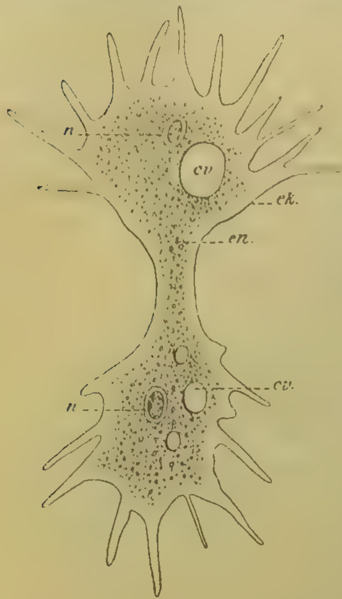


Fig. 116. Amoeba polypodia in Theilung (nach F. E. Schulze). *n* Kern, *cv* contractile Vacuole, *ek* Ektosark, *en* Entosark.

Die meisten Amöben sind aus dem Süsswasser bekannt; die grösseren Formen, wie die 2 mm grosse *Pelomyxa palustris* Greeff, leben im Schlamm von Tümpeln, kleinere, wie *A. proteus* und *A. princeps* Ehb., an Wasserpflanzen oder frei im Wasser schwebend; in feuchter Erde existirt die sehr kleine *Amoeba terricola* Greeff. Auch giebt es unter den Amöben einige Parasiten, wie die 0,02 bis 0,035 mm grosse, bei uns selten, in heissen Klimaten dagegen häufig beobachtete *Amoeba coli* Loesch, welche in den Dickdarmgeschwüren und Leberabscessen von Menschen, die an Dyssenterie erkrankt sind, in enormen Mengen auftreten. Ferner ist es neuerdings immer mehr zur Gewissheit geworden, dass kleinste, in die Blutkörperchen eindringende Amöben (*Haemamoeba malariae* Grassi, *Laverania malariae* Grassi) die verschiedenen Formen des Wechselfiebers veranlassen; dieselben werden von einigen Beobachtern zu den Gregarinen gerechnet.

III. Ordnung. Heliozoen, Sonnenthierchen.

Die Heliozoen verdanken ihren Namen Sonnenthierchen der Kugelform ihres Körpers und den wie Strahlen radienartig angeordneten Pseudopodien. Letztere bestehen trotz ihrer ausserordentlichen Feinheit aus zwei Substanzen, einem feinen, eine Art Skelet bildenden organischen Axenfaden und einem dünnen Ueberzug körnigen Protoplasmas. Verästelungen und Anastomosen sind selten und treten gewöhnlich nur auf, wenn die radiale Anordnung der Pseudopodien durch Druck gestört wird. Der Körper zerfällt in eine Rinden- und eine Marksubstanz (Fig. 117), welche beide nur durch verschiedene Beschaffenheit des Protoplasma, nicht aber durch eine trennende Membran von einander geschieden werden. In der Rinde liegen die contractilen Vacuolen (Fig. 117 cv.), in der Marksubstanz der meist einfache Kern. Zu den wenigen vielkernigen Formen gehört das schönste und grösste Sonnenthierchen des süssen Wassers, das Actinosphaerium Eichhorni.

Viele Heliozoen besitzen ein Kieselskelet, entweder eine Gitterkugel (Fig. 119) oder radial angeordnete Stacheln oder tangential gestellte Nadeln; seltener sind gänzlich skeletlose Formen. Aber auch diese letzteren haben die Fähigkeit bei der Encystirung kieselige Umhüllungen zu bilden, wie Actinosphaerium Eichhorni lehrt. (Fig. 118.)

Die Fortpflanzung erfolgt durch Theilung, wobei es vorkommen kann, dass eines oder beide Theilstücke zu Schwärmsporen werden, d. h. eine ovale Gestalt annehmen und an einem Pol 1—2 Geisseln erhalten. (Fig. 119.) Mit den Geisseln verbreiten sich die Heliozoenschwärmer weithin, ehe sie wiederum zur Kugelform zurückkehren und unter Verlust der Geisseln Pseudopodien aussenden. Häufig kommt es vor, dass

mehrere Heliozoen gleicher Art mittelst Protoplasmabrücken verschmelzen und so Verbände von 2—10 Thieren bilden. Einen wich-

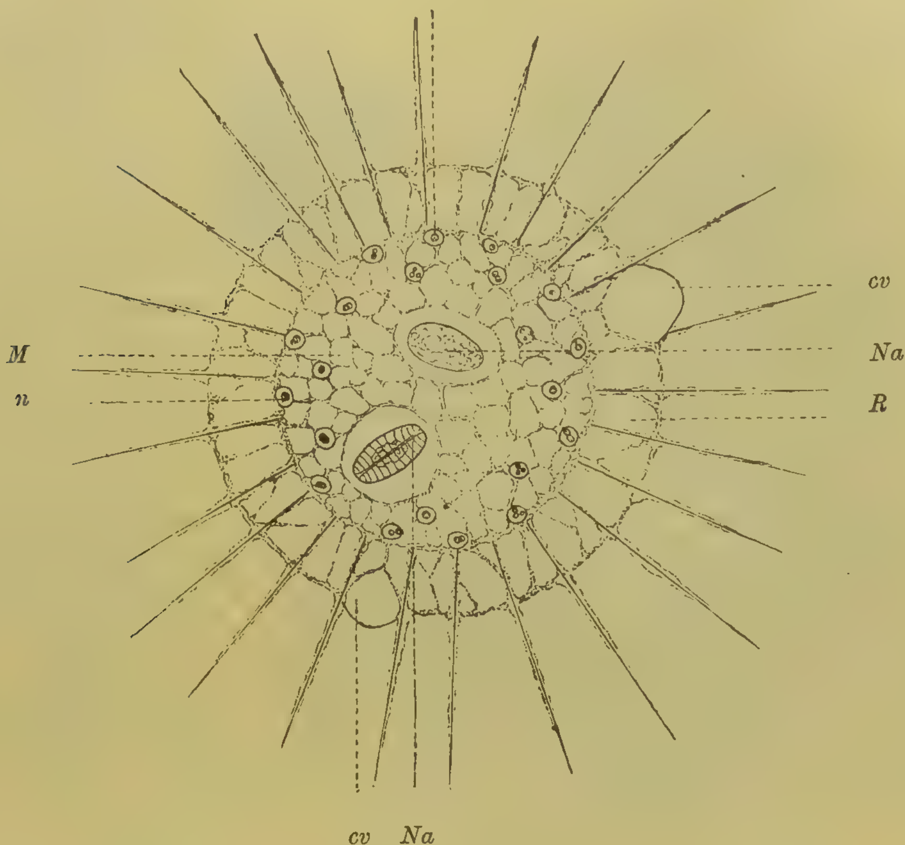


Fig 117. Actinosphaerium Eichhorni. *M* Marksubstanz mit Kernen (*n*), *R* Rindensubstanz mit contractilen Vacuolen *cv*, *Na* Nahrungskörper.

tigeren Einfluss scheinen diese Vereinigungen nicht zu besitzen, da die Thiere nach einiger Zeit sich wieder trennen, ohne dass man an ihnen Veränderungen erkennen könnte.

Wir unterscheiden skeletlose und skeletbildende Formen. Ein Skelet besitzt: *Clathrulina elegans* Cienk., Skelet eine Gitterkugel von einem Stiel getragen. (Fig. 119.) *Acanthocystis turfacea* Cart., Skelet besteht aus zahlreichen radial gestellten Stacheln, welche centralwärts mit einem Fussplättchen beginnen und nach der Peripherie sich gabeln.

Zu den skeletlosen Formen gehört vor Allem das schon im vorigen Jahrhundert vom Pfarrer Eichhorn entdeckte *Actinosphaerium Eichhorni* Ehb. (Fig. 117); Körper milchweiss, stecknadelkopfgross, Protoplasma nach Art von Seifenschaum von Flüssigkeitsvacuolen durchsetzt, deren verschiedene Gestalt und Grösse den Unterschied von Rinden- und Marksubstanz bedingen. In der Rinde mehrere contractile

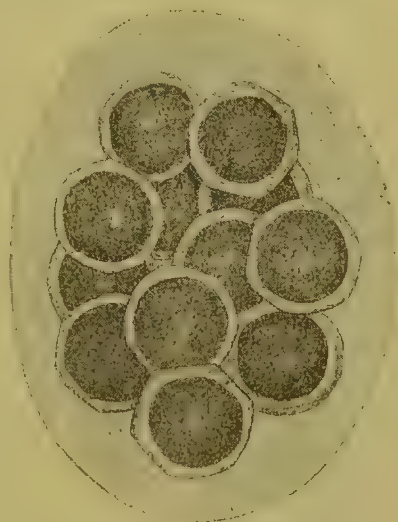


Fig. 118. Cyste mit Tochtercysten von Actinosphaerium Eichhorni (nach F. E. Schulze).

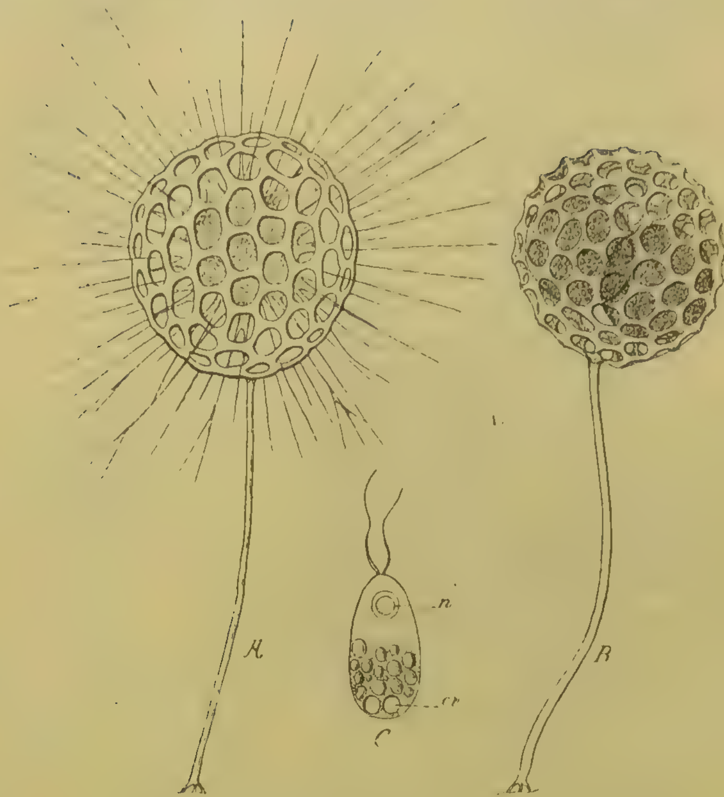


Fig. 119. Clathrulina elegans. *A* Thier mit ausgestreckten Pseudopodien, *B* Individuum in 2 Cysten getheilt, *C* Zoospore. *n* Kern, *cv* contractile Vacuole.

Vacuolen, im Mark zahlreiche Kerne. Bei der Encystirung verschwindet die schaumige Beschaffenheit des Protoplasma; innerhalb der Cyste theilt sich das Thier in zahlreiche einkernige Stücke, welche sich mit besonderen, aus Kieselsäure bestehenden Hüllen umgeben (Figur 118). Die aus den Cysten auskriechenden jungen Thiere sind klein und einkernig und gleichen dann einer zweiten hierher gehörigen, kleineren Art, der *Actinophrys sol* Ehb.

IV. Ordnung. Radiolarien.

Die Radiolarien, die formenschönsten und höchst organisirten Rhizopoden, erinnern in ihrem Habitus sehr an die Heliozoen; sie haben einen kugeligen Körper, welcher nur selten durch Abplattung in die Scheibenform oder durch ungleichmässiges Wachsthum in kegelförmige oder lappige Gestalten übergeführt wird. An die Heliozoen erinnern ferner die feinen, oft von Axenfäden gestützten Pseudopodien. Das unterscheidende Merkmal von den Heliozoen ist in der Centralkapsel gegeben. Unter diesem Namen versteht man einen von einer Membran umschlossenen, centralen Theil des Körpers, während man die nach aussen davon gelegenen Theile als extracapsulären Weichkörper zusammenfasst. Die Centralkapsel ist der wichtigste Abschnitt des Thieres; mit Präparirnadeln aus dem extracapsulären Weichkörper herausgeschält, lebt sie nicht nur weiter, sondern regenerirt sogar die verloren gegangenen Partieen, während der extracapsuläre Weichkörper ohne Centralkapsel zu Grunde geht. Da das Protoplasma beider Theile, die intracapsuläre und die extracapsuläre Sarkode, identisch ist, kann der Unterschied im Regenerationsvermögen nur durch die Kerne veranlasst sein, welche in ihrer Verbreitung auf die Centralkapsel beschränkt sind.

Die Centralkapsel kann ein- oder vielkernig sein. Im ersteren Fall liegt der Kern als ein Bläschen von ansehnlicher Grösse (Binnenbläschen) im Centrum (Fig. 120), im zweiten Falle ist der Kapselinhalt ganz durchsät von Hunderten kleiner homogener Kerne. Jedes

Radiolar ist in der Jugend einkernig und zur Zeit der Fortpflanzung vielkernig. Der Umstand, dass man bestimmte Arten fast stets einkernig, die andern fast stets vielkernig antrifft, hängt damit zusammen, dass im ersteren Fall die Einkernigkeit lange Zeit Bestand hat und erst kurz vor der Schwärmerbildung in die Vielkernigkeit übergeht, während im zweiten Fall frühzeitig die Einkernigkeit durch die Vielkernigkeit verdrängt wird.

In der Centralcapsel können noch mannichfache Ablagerungen, welche während der Fortpflanzung zur Ernährung dienen, wie Oelkugeln, Concretionen etc. aufgestapelt sein.

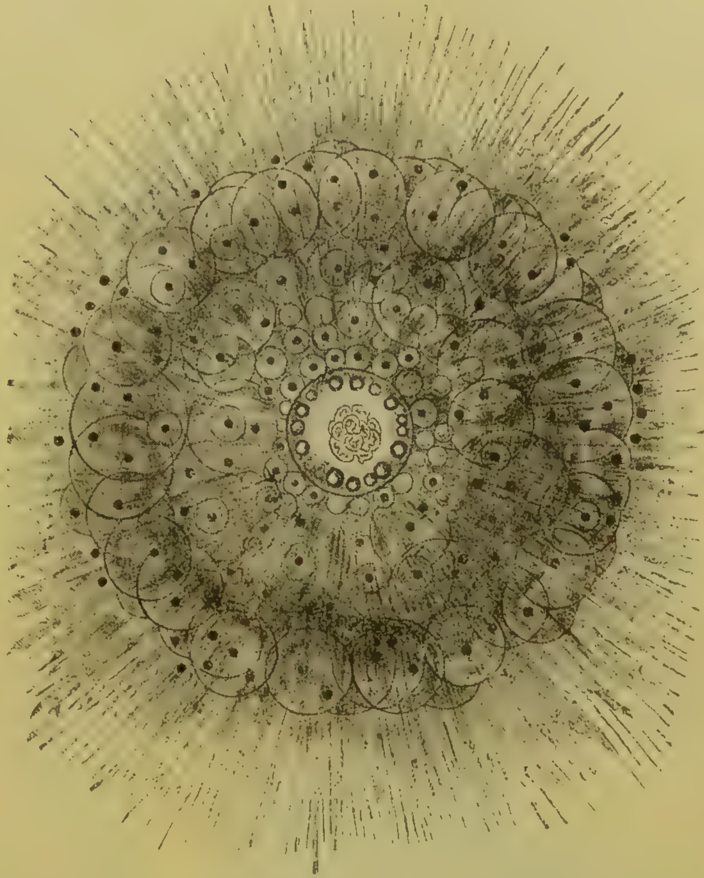


Fig. 120. Thalassicolla pelagica. Im Centrum der Kern (Binnenbläschen) mit gewundenem Nucleolus, darum die Centralkapsel mit Oelkugeln, um diese der extracapsuläre Weichkörper mit Alveolen, gelben Zellen (schwarz) und Pseudopodien.

Die die Centralkapsel umschliessende Kapselmembran ist entweder allseitig von vielen Porencanälen durchbohrt oder besitzt nur an beschränkten Stellen kleine Oeffnungen. Durch die Poren und Oeffnungen tritt die intracapsuläre Sarkode hervor und breitet sich im extracapsulären Weichkörper aus. Dieser besteht der Hauptmasse nach aus einem Gallertmantel, welchen das Protoplasma mit einem feinen Netzwerk durchzieht, ehe es an der Oberfläche die Pseudopodien bildet. Bei grösseren Radiolarien kann der Gallertmantel eine beträchtliche Ausdehnung erfahren, indem sich Vacuolen (extracapsuläre Alveolen) in dem protoplasmatischen Netz entwickeln. (Fig. 120.)

Mit wenigen Ausnahmen besitzen die Radiolarien Skelete von wunderbarer Schönheit; man findet gegitterte Kugeln, einzelne oder mehrere ineinander geschachtelt und durch radiale Stäbe verbunden (vergl. Fig. 82 auf Seite 104), auf ihrer Oberfläche häufig mit stachelartigen Aufsätzen verziert. Oder es sind gegitterte Scheiben, helm- oder käfigartige Gehäuse (Fig. 122), schwammige Gerüste. In anderen Fällen endlich begegnet man Ringen, Röhren, Stacheln, welche im Centrum der Centralkapsel zusammenstossen (Fig. 121) u. s. w. Selten sind die Skelete nur von organischer Substanz (Acanthin) gebildet, meist sind sie kieselig und von ausserordentlicher Festigkeit. Daher finden sich auch die Skeletreste von Radiolarien in vielen geologischen

Schichten; die berühmtesten Fundstätten sind die Berge von Caltanisetta in Sicilien (Tertiär) und die ebenfalls der Tertiärzeit angehörigen, an Radiolarien noch reicheren Gebirge der Nicobareninseln und der Insel Barbados. Neuerdings wurden Radiolaren als älteste zur Zeit bekannte Versteinerungen in Quarziten der archäischen Formationen in der Bretagne entdeckt.

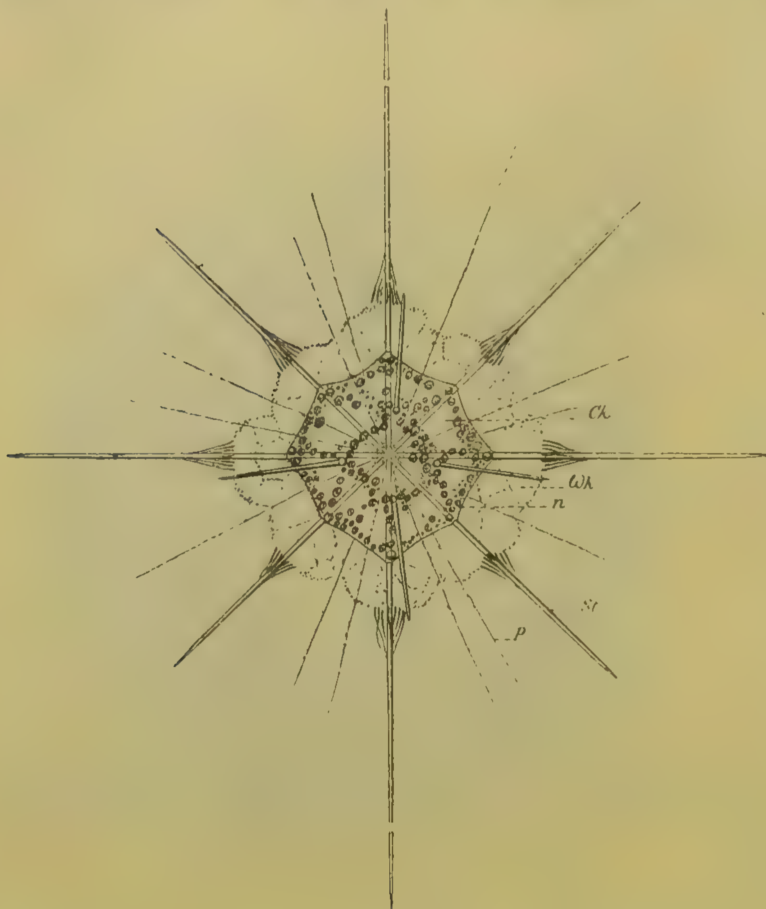


Fig. 121. Acanthometra elastica. *Ck* Centralkapsel, *Wk* extracapsulärer Weichkörper, *n* Kerne, *St* Stacheln, *P* Pseudopodien.

Von der Fortpflanzung der Radiolarien kennt man zunächst Theilungen, welche mit der Theilung der Centralkapsel (bei einkernigen Formen mit der Theilung des Kerns) beginnen und meist auf den extrakapsulären Weichkörper sich fortsetzen. Unterbleibt die Theilung des letzteren, so kommt es zur Coloniebildung. In einer gemeinsamen, allmählig wachsenden Gallerte liegen zahlreiche Centralkapseln, unter einander durch Protoplasmanetze verbunden, welche an der Oberfläche der Colonie die Pseudopodien bilden. (Fig. 124.) Eine zweite Art der Fortpflanzung ist die Fortpflanzung durch Schwärmer, welche immer erst eintritt, wenn der Kern der Centralkapsel sich in Hunderte oder Tausende von Tochterkernen verwandelt hat. Der Centralkapselinhalt zerfällt dabei in so viel Stücke, als Kerne vorhanden waren; die kernhaltigen Stücke werden oval, entwickeln zwei Geisseln, welche bald lebhaft zu schlagen beginnen, so dass der Inhalt der Centralkapsel in tumultuarische Bewegung geräth. Indem die Kapselmembran platzt, schwärmen die jungen Fortpflanzungskörper aus, womit unsere Kenntnisse von dieser Form der Fortpflanzung ab-

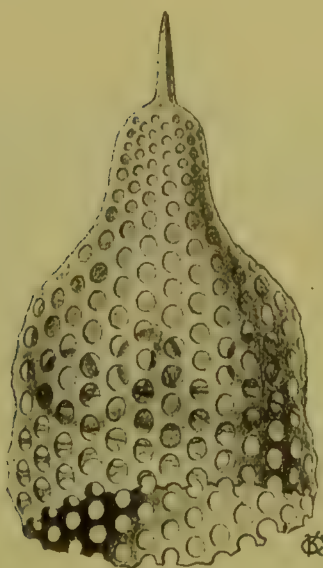


Fig. 122. Eucyrtidium cranioides (nach Haeckel).

schliessen. (Fig. 123). Da bei vielen Arten grosse und kleine Schwärmer, Macro- und Microsporen, vorkommen, ist vielleicht behufs weiterer Entwicklung eine Copulation verschiedenartiger Schwärmer nöthig.

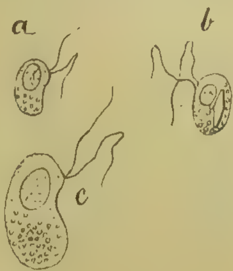


Fig. 123. Zoosporen von Collozoum inerme *a* Microspore, *c* Macrospore, *b* Zoospore mit wetzsteinförmigem Körper.

Sehr verbreitet im Körper der Radiolarien, wenn auch nicht constant, sind die gelben Zellen, welche früher irrthümlich für Theile des Radiolars gehalten wurden; sie sind einzellige Algen (Zooxanthellen), wie sie auch bei anderen Thieren (Thalamophoren, Actinien, Schwämmen etc.) vorkommen und liefern uns somit ein Beispiel für die Symbiose oder das Zusammenleben verschiedenartiger Organismen zu gegenseitigem Nutzen. Die neue Auffassung gründet sich darauf, dass die gelben Zellen eine Membran besitzen, stärkeartige Substanzen erzeugen, unabhängig vom Radiolar sich theilen und nach dessen Tode fortleben.

Die Radiolarien sind ausschliesslich Meeresthiere; sie schwimmen bei gutem Wetter vielfach frei an der Oberfläche des Meeres, steigen aber bei Regen oder Sturm in die Tiefe hinab. Bestimmte Arten, ja ganze grosse Gruppen wie die Phaeodarien findet man fast ausschliesslich in grossen Meerestiefen von 12 bis 24,000 Fuss, vielfach bei Temperaturen, welche wenig unter oder über 0 ° C. betragen.

I. Unterordnung. Peripyleen oder Spumellarien. Die Kapselmembran ist allseitig von Porencanälen durchsetzt, Skelet fehlt oder besteht aus kieseligen Gitterkugeln, welche öfters zu einem spongiösen Netzwerk aufgelöst oder zu Scheiben abgeplattet sind; die Gitterkugeln können mit Stacheln und Verbindungsstäben ausgerüstet sein. Hierher gehören die coloniebildenden *Sphaerozoen* (Fig. 124), die grossen *Thalassicollen* (Fig. 120), die gitterschaligen *Haliommen* (Fig. 82), die scheibenförmigen *Disciden. Collozoum inerme* H. *Thalassicolla pelagica* H.

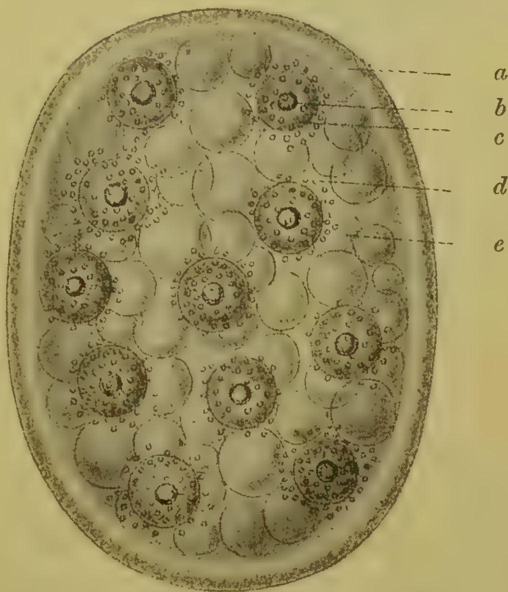


Fig. 124. Collozoum inerme. *a* Gallerte, *b* Oelkugeln in den Centralkapseln *c*, *d* gelbe Zellen, *e* Vacuolen.

II. Unterordnung. Acantharien. Die Kapselmembran ist ebenfalls allseitig durchbohrt; 20 Stacheln, welche aus einer organischen Substanz, dem Acanthin bestehen, vom Centrum des Thieres ausstrahlen und äusserst gesetzmässig (Müller'sches Gesetz) angeordnet sind, bilden das Skelet; sie sind von Gallertscheiden, die von besonderen Muskelchen bewegt werden, umhüllt: *Acanthometren*, oder unter einander durch Gitterkugeln, die aus 20 Einzelplatten bestehen, verbunden: *Acanthophrakten. Acanthometra elastica* H. (Fig. 121.)

III. Unterordnung. Monopyleen oder Nassellarien. Die Centralkapsel besitzt nur an einem Ende feine Poren zu einem Porenfeld vereinigt. Die bekanntesten Monopyleen sind die *Cyrtiden*, Radiolarien mit

zierlichen, Helm- oder Käfig-artigen Gehäusen und die *Stephoideen* mit einem sagittal gestellten Ring. *Eucyrtidium cranioides* H. (Fig. 122.)

IV. Unterordnung. Phaeodarien. Die Centralkapsel hat eine häufig röhrig ausgezogene, von dunklem Pigment (Phaeodium) umhüllte Hauptöffnung, zu der noch kleinere Nebenöffnungen hinzutreten können. Skelet kieselig, aus hohlen Einzelstücken gebildet. Die Phaeodarien sind meist Tiefseebewohner und daher zum grössten Theil erst neuerdings bekannt geworden; oberflächlich leben die *Aulacanthen*, *Aulosphaeren*, *Coelodendren*, Thiere, welche meist die Grösse von 0,5—1,0 mm erreichen. *Coelodendrum abietinum* H.

V. Ordnung. Thalamophoren oder Foraminiferen.

Die Thalamophoren, früher und vielfach auch jetzt noch Foraminiferen genannt, sind zwar den Radiolarien an Mannichfaltigkeit und Schönheit der Erscheinung nicht ebenbürtig, sind ihnen dagegen an Individuenzahl bedeutend überlegen und besitzen daher für die Umgestaltung der Erdoberfläche eine noch viel grössere Bedeutung. Wohl keine Thierabtheilung hat an der Ablagerung neuer Gesteinschichten zu allen Zeiten und auch jetzt noch einen so grossen Antheil gehabt wie sie.

Das wichtigste Merkmal der Gruppe ist in der Schale gegeben; diese ist ein Gehäuse, welches an einem Ende geschlossen ist, am anderen Ende mittelst einer zum Durchtritt der Pseudopodien dienenden Oeffnung nach aussen mündet. (Fig. 125.) Je nachdem die durch diese beiden Pole gezogene Axe verkürzt oder verlängert ist, ist die Schale

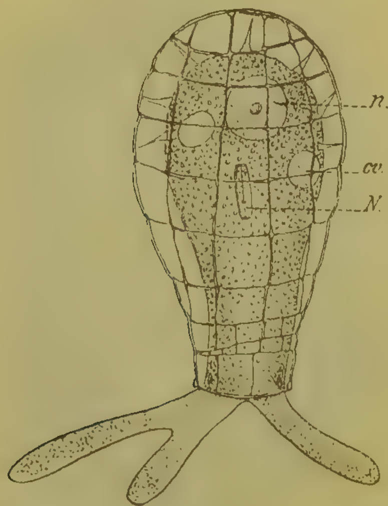


Fig. 125. Quadrula symmetrica (nach F. E. Schulze). *n* Kern, *cv* contractile Vacuole, *N* Nahrung.

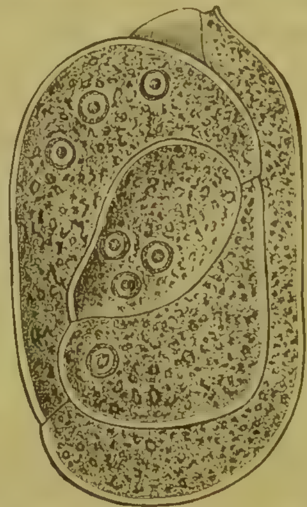


Fig. 126. Junge Miliola mit vielen Kernen (aus Lang).

scheiben- oder sack- oder flaschenförmig oder gar in Folge spiraler Einrollung schneckenhausartig. Bei der Mehrzahl der Thalamophoren kommt hierzu noch das weitere Merkmal, dass der Binnenraum der Schale durch quere Scheidewände in zahlreiche Kammern abgetheilt ist (Fig. 126). Solche vielkammerige Schalen (Polythalamien) sind anfangs klein, einkammerig oder nur aus wenigen Kammern gebildet, vergrössern sich aber, solange das Wachsthum des Thieres andauert, indem an der

Schalenmündung neue, an Grösse zunehmende Kammern entstehen. Oeffnungen in den Scheidewänden (Foramina) verbinden dabei die Binnenräume der aufeinanderfolgenden Kammern. Spiral eingerollte, vielkammerige Gehäuse haben eine überraschende Aehnlichkeit mit den ausserordentlich viel grösseren Schalen der Nautiliden (Fig. 340), was lange Zeit selbst hervorragende Forscher wie d'Orbigny veranlasste, die Foraminiferen für kleine Cephalopoden zu halten.

Die Wand der Schale ist bei den Süsswasserformen durch eine organische chitinöse Substanz gebildet, welche an Festigkeit gewinnen kann, indem sie verkieselt oder Fremdkörper in sich aufnimmt. Die typischen, ausschliesslich marinen Vertreter der Gruppe besitzen dagegen fast stets Gehäuse von kohlensaurem Kalk, welche bei Behandlung mit Säuren unter Kohlensäureentwicklung sich lösen und nur geringe Spuren einer organischen Grundlage hinterlassen. Auf mannichfache Reliefzeichnungen der Schale, wie Dornen, Stacheln, Leisten, Höcker etc., sei hier nur kurz hingewiesen. Systematisch wichtiger ist die Frage, ob die Schalenwand solid oder von feinen Porencanälen durchsetzt ist; letzteres ist bei den perforaten Thalamophoren der Fall (Fig. 112).

Der Weichkörper bildet einen mehr oder minder vollkommenen Ausguss der Schale und besteht daher bei vielkammerigen Arten aus vielen der Zahl der Kammern entsprechenden Stücken, welche aber sämmtlich untereinander verbunden sind, indem Plasmabrücken die „Foramina“ der Scheidewände durchsetzen. (Fig. 127.) Im Protoplasma findet sich stets ein grosser Kern (Fig. 125, 127 *n*), welcher aber häufig frühzeitig durch eine Tochtergeneration kleiner Kerne ersetzt werden kann; dagegen kommen contractile Vacuolen im Allgemeinen nur den Süsswasserbewohnern zu. Die Pseudopodien verlassen die Schale durch die am Ende der Schalenaxe befindliche Hauptöffnung, bei den Perforaten vielleicht auch durch die Poren der Schalenwand; sie sind selten lappig oder fingerförmig (Fig. 125), viel häufiger fadenförmig, verästelt, reich an Körnchen und Anastomosen und daher zum Studium der Körnchenströmung vorzüglich geeignet. (Fig. 112.)



Fig. 127. Weichkörper einer Globigerina durch Auflösen der Schale erhalten, *n* Kern.

Die Fortpflanzung erfolgt im Allgemeinen durch Theilung, ist aber im Uebrigen sehr verschiedenartig. Selten theilt sich das Thier sammt seiner Schale; häufig wächst das Protoplasma aus der Schalenmündung heraus und bildet einen Auswuchs, um den sich eine zweite Schale anlegt, worauf bei der Theilung ein Thier die neue, das andere die alte Schale für sich in Anspruch nimmt. Für die marinen Polythalamien scheint allgemein folgende Entwicklungsweise zu gelten. Der vielkernige Inhalt eines Thiers zerfällt in zahlreiche einkernige Stücke, welche sich schon innerhalb der mütterlichen Schale mit kleinen, aus 1 oder wenigen Kammern bestehenden Schalen umgeben und dann auswandern.

I. Unterordnung. Monothalamien. Die einkammerigen Thalamophoren bewohnen vorwiegend das Süsswasser. Die Süsswasserformen haben niemals eine Kalkschale; die Schale ist entweder rein chitinös oder verkieselt oder durch eingeklebte Fremdkörper erhärtet. Contractile Vacuolen wer-

den nur ausnahmsweise vermisst; die Pseudopodien sind sehr verschiedenartig: lappig, fingerförmig, fadenartig, verästelt oder unverästelt, körnchenfrei oder körnchenreich.

a. Arten mit fingerförmigen Pseudopodien: *Arcella vulgaris* Ehb. Bräunliche, scheibenförmige Schale, 2 oder viele Kerne. *Quadrula symmetrica* F. E. Sch. (Fig. 125). Schale aus vielen quadratischen Plättchen zusammengefügt. *Difflugia proteiformis* Ehb. Schale durch eingekittete Fremdkörper erhärtet. b. Arten mit verästelten fadenförmigen Pseudopodien: *Euglypha alveolata* Duj., Schale aus ovalen Plättchen. *Gromia oviformis* (Fig. 17 S. 50) Duj. Schale ein häutiger Sack, marin.

II. Unterordnung. Polythalamien. Die vielkammerigen Thalamophoren sind ausschliesslich Meeresbewohner; entweder sitzen sie an Küstenpflanzen an oder sie leben am Meeresgrund oder sie schweben pelagisch. Die Schalen der abgestorbenen Thiere kommen, sofern sie nicht durch die Kohlensäure des Meeres gelöst oder wenigstens zerstört werden, im Meeresgrund in so enormen Mengen vor, dass ein Gramm feingesiebten Sandes an günstigen Punkten etwa 50,000 Schalen enthalten kann. Da die Schalen vorwiegend aus kohlensaurem Kalk mit nur geringen Beimengungen organischer Grundsubstanz bestehen, so haben sie zu allen Zeiten einen ganz hervorragenden Antheil am Aufbau der Erdrinde besessen. Gewaltige Erdschichten, wie die Kreide, der Grünsandstein, die Nummulitenkalke, bestehen vorwiegend aus Foraminiferenschalen. — Die lebenden Arten haben eine durchschnittliche Grösse von etwa 1 mm, selten sind 1 cm grosse Thiere; unter den fossilen erreichen die Nummuliten Durchmesser bis zu 6 cm. — Die Eintheilung gründet sich auf die Structur der Kammerwand.

1. *Imperforaten.* Schalenwand massiv, die terminale Pseudopodienöffnung ist die einzige Communication des Schaleninnern nach aussen. *Miliola cyclostoma* M. Schultze (Fig. 126).

2. *Perforaten.* Schalenwand von zahlreichen feinen Poren durchsetzt, Pseudopodienöffnung kann fehlen. *Polystomella strigillata* M. Schultze, *Rotalia Freyeri* M. Schultze (Fig. 112) am Meeresgrund lebend; *Globigerina bulloides* d'Orb. pelagisch (Fig. 127). Von fossilen Formen sind besonders die *Nummuliten* zu nennen, ferner das den uralten laurentischen Schichten Canadas und Böhmens entstammende *Eozoon canadense* Dawson, dessen thierische Natur jedoch von den meisten Beobachtern bestritten wird.

VI. Ordnung. Mycetozoen.

Die Mycetozoen oder Schleimthiere werden von einem Theil der Forscher zu den Thieren, von einem anderen Theil dagegen unter dem älteren Namen „Myxomyceten“ (Schleimpilze) zu den Pflanzen gestellt. Erstere Auffassung gründet sich auf den Bau der beweglichen Zustände, der Plasmodien, letztere auf den Bau der an die Pilze erinnernden Fortpflanzungskörper. — Die Plasmodien bilden sich bei nassem Wetter auf faulendem Holz als rahmartige, intensiv roth, orange oder gelb gefärbte Ueberzüge; sie sind riesige, mehrere Centimeter oder gar Zoll grosse Amöben mit netzförmig angeordneten Protoplasmasträngen, in welchen zahlreiche Kerne und vielerlei gefressene Fremdkörper eingebettet sind; sie kriechen langsam vorwärts, indem vorhandene Protoplasmastränge eingezogen, neue gebildet werden. (Fig. 128.) Bei eintretender Trockenheit encystiren sich die Plasmodien in eigenthümlicher Weise; haben sie eine bestimmte Reife erreicht, so bilden sie die mannichfach gestalteten Fortpflanzungskörper, die Sporenblasen (Fig. 129) und

die Carpome. Jene sind festwandige Blasen, welche auf einem Stiel sitzen, der manchmal in der Axe der Blase als Columella aufsteigt. Der Zwischenraum zwischen Blasenwand und Columella ist von einem feinen

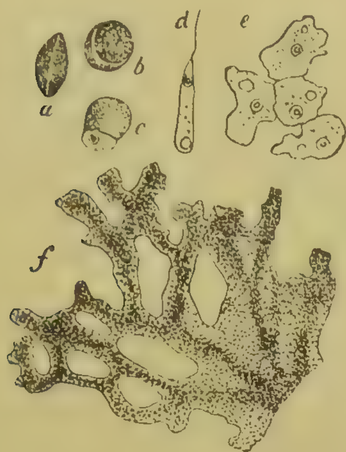


Fig. 128. Chondrioderma difforme. *a* trockene Spore, *b* dieselbe. im Wasser quellend. *c* Spore mit austretendem Inhalt, *d* Zoospore, *e* aus Umwandlung der Zoospore hervorgegangene Amöben, die anfangen zum Plasmodium sich zu vereinen (bei *d* und *e* Kern und contractile Vacuole zu sehen), *f* Theil eines Plasmodium (nach Strasburger).



Fig. 129. Sporenblasen von Arcyria incarnata, die linke ist durch den Druck des herausquellenden Capillitium geplatzt und hat die Sporen entleert. (Nach de Bary.)

Sporenpulver und einer quellungsfähigen, bei vielen Arten jedoch fehlenden Masse ausgefüllt, welch letztere entweder ein Netz von feinen Fäden (Capillitium) ist oder aus vielen spiral aufgerollten Strängen (Elateren) besteht. Wenn bei eintretendem Regen das Capillitium oder die Elateren befeuchtet werden, dehnen sie sich aus, bringen die Cystenwand zum Platzen und schleudern die Sporen weit aus. Im Wasser oder in feuchter Umgebung keimen die Sporen; aus den Hüllen treten kleine Amöben hervor, die bei manchen Arten vorübergehend Geisseln entwickeln und mittelst derselben herumschwärmen. (Fig. 128.) Mehrere Amöben verschmelzen unter einander zu einem kleinen Plasmodium. — *Aethalium septicum* Fr., Lohblüthe; Plasmodium gelb, auf Gerberlohe.

II. Classe.

Flagellaten oder Mastigophoren, Geisselinfusorien.

Bei vielen Rhizopoden sahen wir zur Zeit der Fortpflanzung die Pseudopodien schwinden und durch 1—2 Geisseln ersetzt werden; andere Rhizopoden haben neben den Pseudopodien dauernd oder periodisch eine Geissel zum Zweck der Fortbewegung (Fig. 113). Solche Geisselschwärmer und Geisselrhizopoden leiten zu den Geisselinfusorien, den Flagellaten oder Mastigophoren über, bei denen ständig Geisseln vorhanden sind, welche die Fortbewegung und die Nahrungsaufnahme vermitteln. Hierher gehören 3 Ordnungen, welche wir sofort getrennt besprechen wollen: 1. die Autoflagellaten, 2. die Cystoflagellaten, 3. die Dinoflagellaten.

I. Ordnung. Autoflagellaten.

Alle Autoflagellaten haben unter einander bei oberflächlicher Untersuchung eine grosse Aehnlichkeit, einen meist ovalen Körper, dessen eines Ende gewöhnlich den bläschenförmigen Kern, dessen anderes Ende die contractile Vacuole beherbergt. Am vorderen Ende findet sich öfters noch ein rother oder brauner Pigmentfleck, der wahrscheinlich die Lichtempfindung unterstützt und daher als ein primitives Auge angesehen werden kann. (Fig. 130.) Auch die Geisseln sitzen zu 1 oder 2 am vorderen Ende, und nur wenn grössere Zahlen (8 oder noch mehr) vorhanden sind, stehen sie über den Körper vertheilt. (Fig. 131.) Die Körperoberfläche ist häufig nackt und dann vielfach noch amöboider Bewegungen fähig, oder sie ist von einer mehr oder minder deutlichen Cuticula überzogen. Weit verbreitet sind geschlossene Hüllen und offene becherförmige Gehäuse oder (Fig. 134) einfache und verästelte Stiele, auf denen die Thiere in kleinen Gruppen festsitzen. (Fig. 133.) — Grosse Unterschiede ergeben sich in der Art der Ernährung und in den hiermit zusammenhängenden Einrichtungen. Viele Flagellaten fressen wie Thiere, indem sie ähnlich den Rhizopoden mit Pseudopodien, oder wie Infusorien mittelst einer Mundöffnung geformte Nahrung aufnehmen. Eine merkwürdige Einrichtung besitzen die Choanoflagellaten (Fig. 133); bei ihnen erhebt sich im Umkreis der Geissel das Körperprotoplasma zu einem trichter- oder kragenartigen Aufsatz, dem Collare, an welches die zur Nahrung dienenden Fremdkörper von den Geisseln herangeworfen werden, um von hier in das Innere des Thieres zu gleiten. Ausser diesen thierähnlichen Flagellaten giebt es auch pflanzenähnliche, welche Chlorophyll (Volvocineen und Euglenen) oder braungetärbte Chromatophoren (Chro-



Fig. 130. Euglena viridis (nach Stein). *n* Kern, *c* contractile Vacuole, *o* Pigmentfleck.

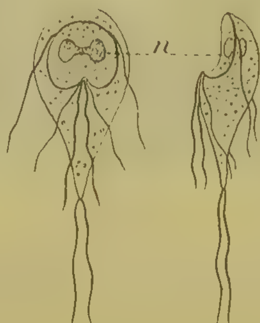


Fig. 131. Megastoma entericum (nach Grassi) von vorn und in seitlicher Ansicht; *n* Kern.

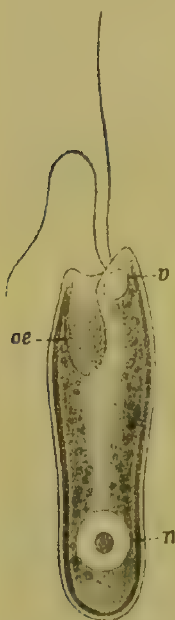


Fig. 132. Chilomonas Paramaecium. *oe* Cytostom, *v* contractile Vacuole, *n* Kern. (Nach Blütschli).


Fig. 133. Codonocladium umbellatum (nach Stein).



Fig. 134. Dinobryon Sertularia (nach Stein). *a* ein Parasit, der sich häufig in den Gehäusen findet, *n* der Kern, *b* die contractile Vacuole.

momonadinen) enthalten, mit Hilfe derselben assimiliren und so befähigt werden, Paramylum oder sogar ächte Stärke zu erzeugen. Merkwürdigerweise treten pflanzliche und thierische Ernährungsweise bei anatomisch einander nahe verwandten Formen auf. Auch kommt es vor, dass chlorophyllhaltige Arten ein Cytostom besitzen, ohne geformte Nahrung aufzunehmen; desgleichen ist bei manchen chlorophylllosen Flagellaten, welche wahrscheinlich wie Pilze von flüssiger Nahrung leben, das Cytostom zu einem rudimentären Organ geworden (Fig. 132.) Alles dies erschwert die systematische Verwerthung der in der Ernährung zu Tage tretenden Unterschiede, lässt zugleich aber erkennen, dass die Flagellaten nach den verschiedensten Richtungen hin, zu den Rhizopoden, Infusorien und niederen Pflanzen, Anknüpfungspunkte bieten.

Die Fortpflanzung erfolgt fast überall durch Zweitheilung; nur die pflanzenähnlichen Volvocineen bieten besonderes Interesse, indem sie ausser der ungeschlechtlichen Vermehrung durch Theilung noch eine geschlechtliche Fortpflanzung besitzen. Im Verlauf derselben verschmelzen 2 Individuen vollständig mit einander zu einer Dauerspore; bei dem Colonieen bildenden Volvox globator sind die copulirenden Individuen ungleich gross, indem einige Thiere der Colonie zu grossen, unbeweglichen Oosporen heranwachsen, während andere durch fortgesetzte Theilung kleine, äusserst bewegliche Zoosporen oder Spermatozoiden liefern. Wenn die Oosporen von letzteren befruchtet worden sind, fallen sie zu Boden, umgeben sich mit einer Hülle, verfärben sich bräunlich und gehen in einen Ruhezustand über, ehe sie durch Theilung eine neue Colonie erzeugen.

I. Gruppe. Pflanzenähnliche, chlorophyllführende Flagellaten, meist mit einem Augenfleck. *Volvocineen: Volvox globator* L., eine grüne 0,2—0,7 mm grosse Kugel, welche aus vielen tausend Einzelthieren besteht, die mit ihren Geisseln das Schwimmen vermitteln. *Euglenideen: Euglena viridis* Ehb., einzellebend, färbt durch massenhaftes Auftreten kleine Wasserpfützen intensiv grün oder in einer rothen Varietät purpurn. Durch den Besitz bräunlich gelblicher Farbstoffplatten sind die *Crysomonadinen* ausgezeichnet, die sich ganz wie Pflanzen ernähren, selten aber daneben noch geformte Nahrung aufnehmen. *Dinobryon Sertularia* Ehb. (Fig. 134).

II. Gruppe. Flagellaten mit Collare, *Choanoflagellaten*, meist kleine, Colonien bildende Formen. *Codonocladium umbellatum* St. Zahlreiche Einzelthiere in Form eines Büschelchens auf einem Stiel vereint (Fig. 133).

III. Gruppe. Thierähnliche Flagellaten, welche entweder mit Hilfe von Pseudopodien oder einer bestimmten, mehr oder minder zu einem Cytostom differenzirten Stelle geformte Nahrung aufnehmen, *Monadinen*. Hierher gehören ausser zahlreichen frei lebenden Formen mehrere Parasiten des Menschen: *Megastoma entericum* Grassi im Dünndarm, auch von Ratten, Mäusen und anderen Säugethieren (Fig. 131), *Cercomonas intestinalis* Lambl. im Dünndarm; *Trichomonas vaginalis* Donné im katarrhalischen Secret der Scheide, besonders bei Schwangeren (Fig. 135).

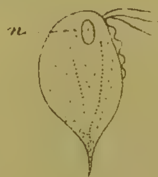


Fig. 135. Trichomonas vaginalis (nach Blochmann). *n* Kern.

II. Ordnung. Dinoflagellaten, Cilioflagellaten.

Die im Süsswasser und im Meer gleichmässig verbreiteten Dinoflagellaten werden in der Neuzeit mehr in die Nähe der Pflanzen gestellt, weil sie, ausgerüstet mit braunen Chromatophoren, sich wie Pflanzen



Fig. 136. Ceratium cornutum, *apo* vorderes Horn mit Oeffnung, *rsh* rechtes, *aah* hinteres Horn. *lf* Längsfurche, *g* Geissel, *gs* Geisselspalte, *v* Vacuole, *r* Rautenplatte (aus Bütschli nach Stein). 450/1.

ernähren und ferner meist einen aus Cellulose bestehenden Panzer besitzen. Der Panzer wird durch eine quere Furche in 2 Stücke abgetheilt, welche zu einander liegen wie etwa der Kelch und der Deckel eines Pokals. Ausserdem ist eine zu einem Ausschnitt verbreiterte Längsfurche vorhanden, welche die Querfurche kreuzt. Am Kreuzungspunkt entspringen 2 Geisseln, von denen die eine in der Querfurche lagert und den ungeeigneten Namen „Cilioflagellaten" veranlasst hat, weil sie wegen ihrer undulirenden Bewegungen bis in die Neuzeit für einen Wimperring gehalten wurde.

Im Süsswasser sind verbreitet *Peridinium tabulatum* Ehb. und *Ceratium cornutum* Ehb. (Fig. 136), im Meer *Ceratium tripos* Ehb.

III. Ordnung. Cystoflagellaten.

Die Cystoflagellaten besitzen einen von einer Membran umschlossenen Gallertkörper; zu ihnen gehören zwei äusserst interessante, in der Gestalt von einander sehr verschiedenartige Thiere, die *Noctiluca miliaris* (Fig. 137) und der *Leptodiscus medusoides* (Fig. 138), beide ausschliesslich Meeresbewohner.

Die *Noctiluca miliaris* (Fig. 137) zeigt am schönsten unter den Seethieren das Phänomen des Meeresleuchtens. Die kugligen, etwa 1mm grossen Körperchen kommen in so enormen Mengen in manchen Nächten an die Oberfläche, dass diese bei geringem Wellenschlag lebhaft zu funkeln anfängt. Das Leuchten wird wahrscheinlich durch Oxydationsprocesse im Protoplasma veranlasst, dauert aber bei Entziehung des Sauerstoffes längere Zeit fort. Die Hauptmasse des Körpers ist eine Gallertkugel, welche von einer Membran überzogen ist. Die Membran ist an einer nabelförmig vertieften Stelle des Körpers vom Cytostom unterbrochen; an derselben Stelle liegt der Kern, umgeben von einer reichlichen Menge von Protoplasma, welches verästelte Stränge durch die gallertige Grundlage aussendet. Am Eingang des Cytostoms liegt ferner das zur Ortsbewegung gar nicht mehr dienende

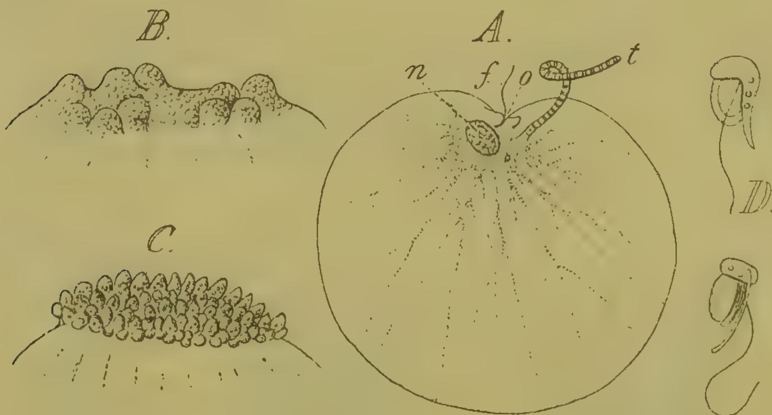


Fig. 137. Noctiluca miliaris. *A* ganzes Thier, *n* Kern, *t* Tentakel, *o* Mundöffnung, daneben „Zahn" und „Lippe", letztere mit *f* Geissel. *B*, *C* oberes Ende der Körperblase, beginnende und weiter vorgeschrittene Theilung in Zoosporen, *D* Zoosporen (zum Theil nach Cienkowski).

Flagellum und der locomotorische Tentakel. Der Tentakel ist eine bandförmige Ausstülpung der Körpermembran mit einem quergestreiften, musculösen Inhalt; er bewegt sich langsam schwingend hin und her.

Die Noctilucen vermehren sich durch einfache Quertheilung und ausserdem durch Schwärmerbildung; bei letzterer conjugiren zwei Thiere mit einander unter Verlust der Tentakeln, Flagellen und Cytostome; nachdem eine wechselseitige Kernbefruchtung stattgefunden hat, gehen sie wieder auseinander, und es sammelt sich in jedem Thier das Protoplasma zu einer Scheibe, welche durch successive Theilung in zahlreiche einkernige, ovale Keimlinge zerfällt. Diese sitzen zunächst noch der Gallertkugel auf, später lösen sie sich ab und ergeben kleine Geisselschwärmer, über deren weiteren Verbleib bisher keine Sicherheit erzielt worden ist (Fig. 137. *B*—*D*).

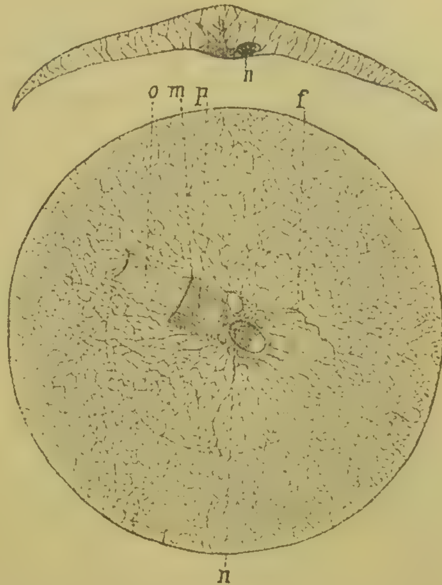


Fig. 138. Leptodiscus medusoides auf dem optischen Durchschnitt und von der Fläche gesehen. *f* Geissel, *m* Mundöffnung, *n* Kern, *o* Zuleitung zum Mund, *p* Protoplasmastrang.

Leptodiscus medusoides (Fig. 138) hat vollkommen die Gestalt zarter 1—1,5 mm grosser Medusen. Die Gallertscheibe seines Körpers ist auf der Oberfläche von einer Membran bedeckt. Am höchsten Punkt der Glockenwölbung liegt eine Protoplasmaanhäufung mit einem einzigen Kern; von derselben geht einerseits ein zur Mundöffnung ziehender Strang aus, andererseits ein Canal, welcher an seinem Ende ein feines Flagellum trägt. Die Thiere schwimmen äusserst schnell wie Medusen durch Zusammenklappen ihres Schirms, was durch zarte, auf der concaven Seite verlaufende Muskelfasern bedingt wird.

III. Classe.

Ciliaten, Wimperinfusorien.

Mit den Rhizopoden rivalisiren an Mannichfaltigkeit der Arten und Reichthum der Individuen die Wimperinfusorien oder Ciliaten, Thiere von so complicirtem Bau, dass derselbe lange Zeit als ein sicherer Beweis der Vielzelligkeit galt. Erst im Laufe der letzten zwei Decennien sind die Zweifel an der Einzelligkeit der Thiere vollkommen gehoben worden.

Alle Infusorien haben eine für die jeweilige Art bestimmte Körpergestalt; dieselbe ist bei den ametabolen Formen vollkommen unveränderlich, während die metabolen Infusorien unter Einschnürungen der Körperoberfläche sich durch enge Passagen hindurchwinden können; nach Ueberwindung des Hindernisses kehren jedoch auch sie zur normalen Gestalt zurück. (Fig. 139.) Die Constanz der Körpergestalt hängt mit der Erhärtung der Körperoberfläche zu einer gegen die Sarkode mehr oder minder deutlich abgesetzten Cuticula (Pellicula) zusammen, welche bei den ametabolen Formen panzerartige Festigkeit gewinnt, bei den Bau.

Metabolen dagegen eine grosse Biegsamkeit bewahrt. Die Cuticula wird von den Wimpern oder Cilien bedeckt, kleinen schwingenden Fortsätzen, welche nicht einzeln, sondern in grösseren Mengen gleichzeitig bewegt werden und sowohl zur Fortbewegung als auch zum Herbeistrudeln der Nahrung dienen; sie bilden das systematisch wichtigste Merkmal der Classe.

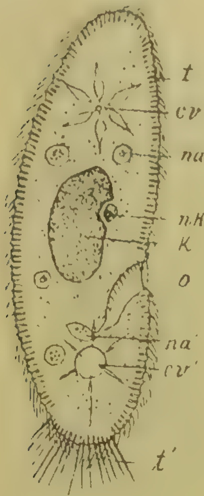


Fig. 139. Paramaecium caudatum (halbschematisch). *k* Kern, *nk* Nebenkern, *o* Mundöffnung (Cytostom). *na'* Nahrungsvacuole in Bildung begriffen, *na* Nahrungsvacuole, *cv* contractile, Vakuole im contrahirten, *cv'* im ausgedehnten Zustand, *t* Trichocysten bei *t'* hervorgeschleudert.

Die Anwesenheit einer Cuticula macht die Einrichtung eines Cytostoms (*o*) nöthig, da die Nahrungskörper durch die Cuticula nicht hindurch gepresst werden und daher nicht mehr an jeder Stelle in den Körper hinein gelangen können. Die Cuticula sammt ihrer Bewimperung senkt sich an einer Stelle trichterförmig in das Körperinnere hinein und bildet eine Art Speiseröhre (Cytopharynx); am Grund derselben ist sie unterbrochen, so dass hier Wasser und Körperprotoplasma mit einander in Berührung kommen. Durch das Schlagen der Wimpern wird Wasser und darin suspendirte Nahrung durch den Mund aufgenommen und gegen das Protoplasma gepresst, welches dem Druck nachgiebt. Indem sich die so entstandene Aussackung allmählig abschnürt, entsteht eine Flüssigkeitsansammlung im Protoplasma, eine Nahrungsvacuole (*na*), welche von der Strömung im Innern des Körpers erfasst und herumgetragen wird. War ein Nahrungskörper in die Vacuole hineingerathen, so wird derselbe verdaut, das Unverdauliche an einer bestimmten, für gewöhnlich in keiner Weise ausgezeichneten Stelle, der Cytopyge (Zellenafter), ausgestossen.

Contractile Vacuolen (*cv*) fehlen nur selten (bei Meeresbewohnern und Parasiten); sie sind constant in Zahl und Lagerung und besitzen oft zuführende Canäle, welche ihren Inhalt in die Vacuole entleeren, während diese ihn weiter nach aussen befördert. Inconstante Vorkommnisse sind Trichocysten, Nesselkapseln und Muskelfibrillen. Trichocysten sind kleine Stäbchen, welche senkrecht zur Oberfläche in der Rindenschicht des Körpers gestellt sind und bei Behandlung mit Reagentien (am besten Chromsäure) sich in einen die Cuticula durchbohrenden Faden verlängern. Auf Grund dieser Erscheinung haben manche Forscher sie für Vertheidigungs- und Angriffswaffen ähnlich den Nesselkapseln der Coelenteraten erklärt, während andere sie für Taststäbchen halten; mit den Cilien stehen sie in keiner Verbindung. Echte Nesselkapseln wurden äusserst selten beobachtet, häufiger Muskelfibrillen, welche dann zwischen Cuticula und Ectosark verlaufen und ihre Anwesenheit durch rasche, zuckende Bewegungen verkünden.

Haupt- und Nebenkern.

Aeusserst interessant sind die Kernverhältnisse, insofern eine Sonderung in zweierlei, physiologisch ungleichwerthige Kerne, Haupt- und Nebenkern, eingetreten ist. Der Hauptkern (Nucleus der älteren, Macronucleus der neueren Autoren) ist ein grosser, ovaler, stäbchen- oder rosenkranzförmiger Körper, der sich intensiv in Farbeflüssigkeiten färbt und von einer festen Membran umschlossen ist: seine Aufgabe besteht wahrscheinlich darin, dass alle gewöhnlichen Lebens-

verrichtungen (Bewegung, Ernährung etc.) sich unter seinem Einfluss vollziehen. Neben demselben oder in einer Nische eingebettet liegt der sehr viel kleinere Nebenkern (Nucleolus der alten Autoren) (Micronucleus), der sich gewöhnlich schwächer färbt und, wie aus den Untersuchungen über die Entwicklung der Infusorien erhellt, nur bei den Fortpflanzungserscheinungen eine Rolle spielt. Da er bei allen geschlechtlichen Vorgängen besonders in den Vordergrund tritt, kann man ihn geradezu Geschlechtskern nennen.

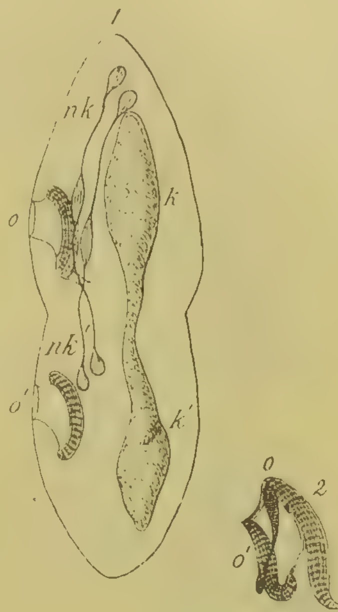


Fig. 140. Paramaecium aurelia in Theilung, daneben in Fig. 2 die Art, wie auf einem früheren Stadium das Cytostom des hinteren Thieres durch Abschnürung vom vorhandenen entsteht. *k* Hauptkern, *nk* Nebenkern, *o* Mundöffnung des vorderen Theilstücks, *nk' k' o'* die entsprechenden Theile des hinteren Theilstücks.

Theilung.

Die Vermehrung der Infusorien erfolgt durch Zweitheilung (Fig. 140), seltener und dann nur im encystirten Zustand durch Theilung in zahlreiche (bis zu 64) Stücke; bei Peritrichen und Suctorien wurde auch Knospung beobachtet. Stets theilt sich zuerst der Nebenkern unter Spindelbildung, sehr viel später der Hauptkern durch Streckung und bisquitförmige Einschnürung; die alte Mundöffnung (*o*) verbleibt im vorderen Theilsprössling, doch schnürt sich öfters von ihr eine Ausstülpung (Fig. 140 [2] *o'*) ab, welche dem hinteren Sprössling zufällt und sich in ihm zu einer neuen Mundöffnung entwickelt.

Conjugation.

Die Perioden der Theilung werden von Zeit zu Zeit durch die geschlechtlichen Vorgänge der Conjugation unterbrochen, welche wir im Folgenden für die Paramaecien schildern wollen. (Fig. 141.) Zwei Paramaecien legen sich zunächst mit den vorderen Enden, später mit ihrer ganzen ventralen Seite an einander, so dass Mundöffnung gegen Mundöffnung steht. In der Nachbarschaft der letzteren bildet sich auf vorgerückten Stadien der Copulation eine Verwachsungsbrücke; schliesslich gehen die Thiere auseinander und regeneriren ihre verloren gegangenen Mundöffnungen. Während sich diese äusserlich leicht erkennbaren Vorgänge abspielen, hat sich im Innern eine vollkommene Umgestaltung des Kernapparats vollzogen. Der Hauptkern wächst in Fortsätze aus, welche sich in kleine Stücke zerlegen; diese verschwinden in den ersten Tagen nach aufgehobener Copulation (wahrscheinlich meist durch Resorption) und machen einem neuen Kern Platz, welcher dem Nebenkern seine Entstehung verdankt. Die Nebenkerne werden am Anfang der Copulation zu Spindeln, welche in jedem Thier durch zweimalige Theilung vier Spindeln liefern. Von den vier Spindeln gehen drei, die Nebenspindeln, zu Grunde und erinnern so an das Schicksal der Richtungskörper bei der Eireife; die vierte, die Hauptspindel, stellt sich in der Gegend der Mundöffnung senkrecht zur Körperoberfläche ein und theilt sich auf's Neue in zwei Kerne, den oberflächlichen Kern, den Wanderkern oder männlichen Kern, und den tiefer gelegenen, den stationären oder weiblichen Kern. Die männlichen Kerne beider copulirter Thiere werden ausgetauscht, indem sie sich auf der zu diesem Zweck gebildeten Protoplasmabrücke an einander vorbeischieben. Während des Austausches besitzen die männlichen

Kerne Spindelstructur; nach dem Austausch verschmelzen sie mit den ebenfalls spindeligen weiblichen Kernen, so dass nun jedes Thier

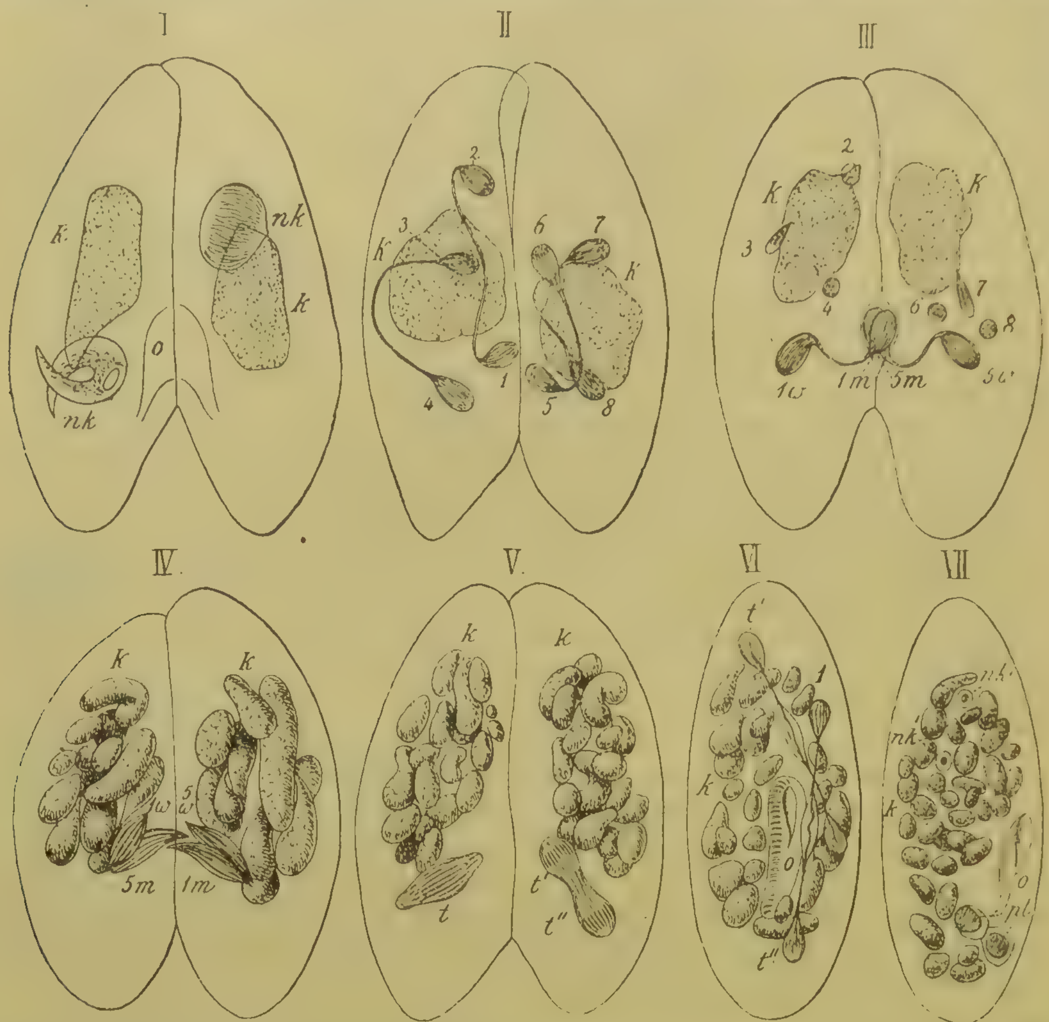


Fig. 141. Conjugation von *Paramaecium*. *nk* Nebenkern, *k* Hauptkern der conjugirenden Thiere.

I. Der Nebenkern wandelt sich zur Spindel um, im linken Thier Sichelstadium, rechts Spindelstadium.

II. Zweite Theilung des Nebenkerns in die Hauptspindel (links mit *1*, rechts mit *5* bezeichnet) und die Nebenspindeln (links 2. *3*. *4*, rechts *6*. 7. *8*).

III. Die Nebenspindeln in Rückbildung (links 2. *3*. *4*, rechts *6*. 7. *8*), die Hauptspindeln theilen sich in männliche und weibliche Spindel, links 1 in *1 m* und *1 w*, rechts 5 in *5 m* und *5 w*.

IV. Austausch der männlichen Spindeln nahezu vollendet (Befruchtung); dieselben stecken noch mit einem Ende in ihrem Mutterthier, mit dem andern Ende haben sie sich mit der weiblichen Spindel des zweiten Paarlings vereint. *1 m* mit *5 w* und *5 m* mit *1 w*. Hauptkern in Theilstücke ausgewachsen.

V. Die aus Vereinigung von männlichen und weiblichen Kernen entstandene primäre Theilspindel theilt sich in die secundären Theilspindeln *t'* und *t''*.

VI. u. VII. Nach Aufhebung der Conjugation. Die secundären Theilspindeln theilen sich in die Anlagen der neuen Nebenkerne (*nk'*) und die Anlagen des neuen Hauptkerns *pt* (Placenten). Der zerstückelte alte Hauptkern fängt an zu zerfallen. (Da *Paramaecium caudatum* für die Anfangsstadien, *P. aurelia* für die Endstadien leichter verständliche Verhältnisse bietet, wurde für I—III *P. caudatum*, für IV—VII *P. aurelia* gewählt. Der Unterschied beider Arten beruht darauf, dass *P. caudatum* einen Nebenkern, *P. aurelia* deren zwei hat, dass bei letzterem der Kernzerfall schon auf Stadium I beginnt.)

wieder nur eine Spindel, die Theilspindel, besitzt, welche aus der Masse der eigenen weiblichen Spindel und der von aussen

eingedrungenen männlichen Spindel hervorgegangen ist. Die Theilspindel endlich liefert durch Theilung (meist auf Umwegen) zwei Kerne, von denen der eine die Grundlage zum neuen Hauptkern liefert, der andere zum neuen Nebenkern wird.

Ziehen wir den Vergleich mit den Befruchtungsvorgängen der Metazoen, so entspricht der weibliche Kern dem Eikern, der männliche Kern dem Spermakern. Wie durch Vereinigung von Ei- und Spermakern der Furchungskern gebildet wird, so hier durch Vereinigung von weiblichem und männlichem Kern der Theilkern; wie eine Eizelle durch Befruchtung die Fähigkeit gewinnt, nicht nur wieder Geschlechtszellen zu liefern, sondern auch somatische Zellen, Zellen, welche den gewöhnlichen Lebensprocessen des Organismus vorstehen, so bildet der befruchtete Nebenkern nicht nur die Nebenkerne, sondern auch den Hauptkern, den functionirenden oder somatischen Kern. Mit andern Worten, die Befruchtung führt bei den Infusorien zu einer vollkommenen Neugestaltung des Kernapparats und damit auch zu einer Neuorganisation des Infusors.



Fig. 142. Epistylis umbellaria (nach Greeff). Theil einer in „knospenförmiger Conjugation" begriffenen Colonie. *r* die durch Theilung entstandenen Microsporen, *k* Microspore in Conjugation mit einer Macrospore.

Bei den meisten Infusorien sind die conjugirenden Thiere gleichwerthig, die Befruchtung ist eine wechselseitige und es trennen sich die Thiere nach der Befruchtung von einander. Bei den *Peritrichen* dagegen (Fig. 142), meistentheils festsitzenden Formen, wird die Aehnlichkeit mit den geschlechtlichen Vorgängen der Metazoen noch weiter dadurch gesteigert, dass es zu einer geschlechtlichen Differenzirung und einer dauernden Verschmelzung der conjugirenden Thiere kommt. Einige Thiere, die Macrosporen, behalten ihre Grösse und sitzende Lebensweise bei, andere wiederum liefern durch lebhafte Theilung Gruppen von wesentlich kleineren Microsporen; letztere lösen sich ab und suchen die Macrosporen auf, um mit ihnen vollkommen und dauernd zu verschmelzen. Die Kernveränderungen sind principiell dieselben wie bei Paramaecium, mit Ausnahme einiger durch die totale Verschmelzung bedingter Modificationen.

I. Ordnung. Holotrichen.

Die Holotrichen sind unzweifelhaft die ursprünglichsten Infusorien, insofern alle Stellen der Körperoberfläche sich in der Bewimperung noch gleichartig verhalten; höchstens sind an den Enden des Thieres oder im Innern des Cytostoms einige Wimpern etwas stärker. Von bekannteren Formen gehören hierher die *Paramaecien; Paramaecium aurelia* O. F. Müll. in fauligen Flüssigkeiten lebend; von bohnenförmiger Gestalt, mit Trichocysten und 2 Nebenkernen. Im Darm des Frosches lebt *Opalina ranarum* Ehrb. ohne Mundöffnung, mit zahlreichen gleichartigen Kernen, ohne Neben-

kerne und ohne Conjugation. Die kleinen encystirten Opalinen kommen mit den Fäcalien nach aussen und werden sammt letzteren von den Froschlarven verzehrt, welche sich so inficiren.

II. Ordnung. Heterotrichen.

Die Heterotrichen haben noch die totale Bewimperung der Holotrichen, haben aber ausserdem einen besonders stark entwickelten Wimperapparat, die adorale Wimperspirale. Diese ist ein flimmerndes Band, dessen eines Ende in grösserer oder geringerer Entfernung von der Mundöffnung beginnt, dessen anderes Ende in spiralem Verlauf in die Mundöffnung hinein leitet. Das Band besteht aus quer gestellten, zu „Membranellen“ verklebten Wimperreihen, welche wie die Reihen eines Bataillons in der Längsrichtung des Bandes auf einander folgen. Bei den bekanntesten Heterotrichen, den Stentoren, bildet das von der adoralen Wimperspirale umgrenzte „Peristomfeld“ das trompetenartig verbreiterte vordere Ende des Thieres, während sich nach rückwärts der Körper in eine Spitze verjüngt, welche vermöge hier entspringender Plasmafäden zum Anhaften benutzt werden kann. Muskelfibrillen, welche vom hinteren zum vorderen Ende dicht unter der Cuticula verlaufen, ermöglichen den Stentoren energisch zuckende Bewegungen. *Stentor caeruleus* Ehrb., *St. polymorphus* Ehrb. bauen sich während des Festsitzens gern Gallerthülsen. Als Parasit des Menschen verdient das *Balantidium Coli* Malmst., welches bei Diarrhöen im Dickdarm auftritt, genannt zu werden; noch häufiger findet sich dasselbe, ohne Beschwerden zu erzeugen, im Dickdarm des Schweins. (Fig. 144.)



Fig. 143. Stentor polymorphus (nach Stein). *a* Peristommulde, *b* Abdachung des Hypostoms, *o* Mund, *r* adorale Wimperspirale, *n* Kern, *g* contractile Vacuole, *t* Hypostom (Vertiefung, welche zur Mundöffnung führt).



Fig. 144. Balantidium Coli (nach Leuckart).

III. Ordnung. Peritrichen.

Der Körper der Peritrichen besitzt stets am vorderen Ende ein breites Peristomfeld mit der Mundöffnung, am hinteren Ende hat er entweder eine correspondirende Fussscheibe oder er ist hier nach Art eines Kelchglases verjüngt und geht in einen festgewachsenen Stiel aus. (Fig. 145.) Constant ist nur die adorale Wimperspirale, welche von den wulstigen Rändern der Peristommulde ausgeht, ausserdem sich aber auch auf die Wimperscheibe fortsetzt, einen Deckel, welcher für gewöhnlich aus der Peristommulde hervorragt, bei der Contraction aber dicht auf sie gedrückt wird, während sich über ihm die Peristomlippen zusammenziehen. Ausser der

Wimperspirale kann noch ein Wimperkranz nahe dem hinteren Ende dauernd oder vorübergehend vorhanden sein. — Der Kern der Peritrichen ist meist wurstförmig und mehrfach gebogen; sein hinteres Ende beschreibt einen Haken, in dessen Winkel der kleine Nebenkern lagert.

Die bekanntesten Repräsentanten der Ordnung sind die *Vorticellinen* (Fig. 142. 145), Thiere, welche mit einem hohlen Stiel festsitzen, in dessen

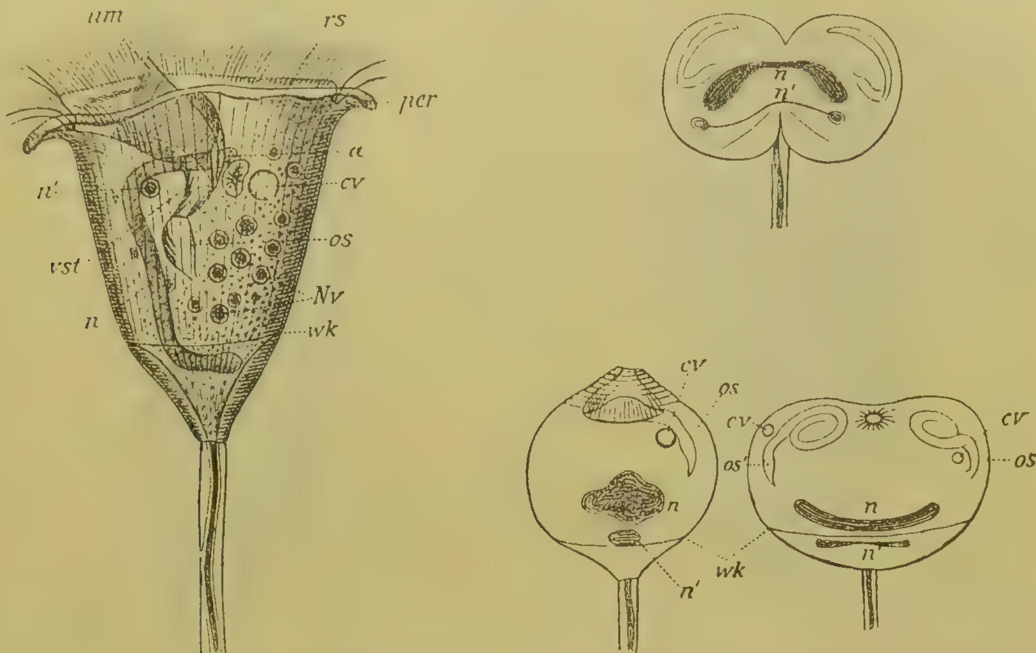


Fig. 145 Carchesium polypinum (nach Bütschli). *A* Einzelthier. *B* 3 Theilungsstadien. *n* Kern, *n'* Nebenkern (fälschlich in den oberen Winkel des Kerns gezeichnet), *cv* contractile Vacuole mit ihrem Reservoir *rs*, *wk* Ring, an dem sich ein hinterer Wimperring bilden kann, *Nv* Nahrungsvacuolen, *per* Peristom, *vst* Vestibulum, *um* undulirende Membran, *a* Stelle des Afters, *os* Oesophagus.

Innerem ein schwach spiraliger Muskel verläuft. Der Muskel dringt in die Basis der Vorticelle ein und löst sich in ein Bündel feiner Fibrillen auf, welche unter der Cuticula bis zum Peristom hinziehen; wenn der Stielmuskel sich contrahirt, legt er sich und die umhüllende Stielscheide in korkzieherartige Windungen; so wird das Thier zurückgezogen und sein vorderes Ende zugleich geschlossen. Die echten *Vorticellen* sind einzellebend; die *Carchesien* coloniebildend mit dichotom verästeltem Stiel; *Epistylis* desgleichen, nur dass der Muskel fehlt und der Stiel solid und starr ist. *Vorticella nebulifera* Ehrb. *Carchesium polypinum* L. *Epistylis plicatilis* Ehrb.

IV. Ordnung. Hypotrichen.

Bei den Hypotrichen ist die Körpergestalt mehr oder minder stark abgeplattet und dadurch eine schärfere Sonderung zwischen Bauchseite und schwach gewölbter Rückenseite herbeigeführt. (Fig. 146. 147.) Der Rücken ist frei von Wimpern, dagegen öfters mit Stacheln und feinen Tastborsten ausgerüstet; die Bauchseite trägt mehrere Längsreihen von Wimpern, ausserdem mehrere aus verklebten Wimpern bestehende, gerade gestreckte Griffel und hakenförmig gekrümmte Cirren; letztere werden wie Beine der Insecten zum Kriechen auf Unterlagen verwandt, indem sie mit grosser Behendigkeit umgebogen und gestreckt werden. Zum Herbeistrudeln der

Nahrung und zum Schwimmen dient eine ebenfalls ventral gelagerte mächtige adorale Wimperspirale. Der Hauptkern ist meist in 2 ovale Körper zerfallen, welche durch einen Verbindungsfaden zusammenhängen, die Zahl

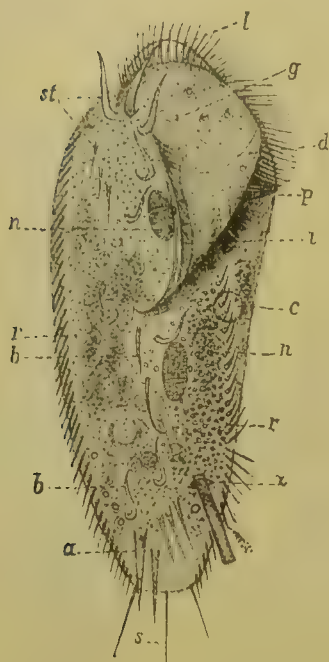


Fig. 146. Stylonychia mytilus (nach Stein). *a* Afterwimpern, *b* Bauchcirren, *c* contractile Vacuole, *d* Stirnleiste, *i* undulirende Membran, *g* Zuleitungscanäle für die contractile Vacuole, *l* Oberlippe, *n* Kern mit Nebenkern, *p* adorale Wimperspirale, *r* Randwimpern, *st* Stirnwimpern, *z* After.

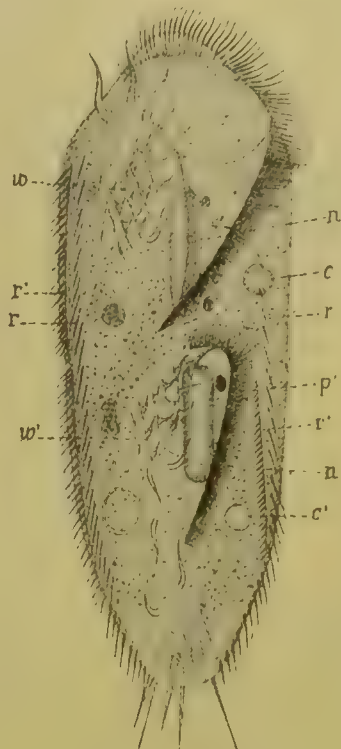


Fig. 147. Stylonychia mytilus in Theilung (nach Stein). *c* contractile Vacuole, *n* Kern mit Nebenkernen, *p* adorale Wimperspirale, *r* Randwimpern, *w* Wimperleisten (die mit einem Index bezeichneten Buchstaben beziehen sich auf das hintere Thier).

der Nebenkerne schwankt zwischen 2 und 4 bei derselben Art; kein Infusor eignet sich zur Beobachtung der Nebenkerne so vorzüglich wie die Hypotrichen. — Die bekanntesten hypotrichen Infusorien sind die *Stylonychien*, *Stylonychia mytilus* O. F. Müll.

V. Ordnung. Suctorien oder Acinetinen.

Von den typischen Infusorien weichen die Sauginfusorien oder Suctorien dadurch ab, dass sie als ausgebildete Thiere keine Wimpern und damit auch keine freie Ortsbewegung besitzen; sie sind entweder mit ihrer Basis auf einer Unterlage angewachsen oder auf einem schlanken Stiele befestigt. Der gewöhnlich kugelige Körper ist von einer Cuticula bedeckt, welche bei der Gattung Acineta sich stellenweise abhebt und zu einem becherartigen Gehäuse erhärtet. Eine Mundöffnung fehlt, dafür sind die Suctorien mit Tentakeln oder Saugfüsschen versehen, feinsten Röhren mit contractilen Wandungen, die im Protoplasma des Körpers beginnen und durch die Cuticula hindurchtreten. Die Acineten tödten mittelst ihrer Tentakeln andere Thiere, namentlich Infusorien, legen die saugnapfartigen Enden der Tentakeln an und saugen sie aus. Im Innern des Protoplasma liegt ausser

den nur selten fehlenden contractilen Vacuolen der grosse compacte Kern; auch Nebenkerne scheinen allgemein verbreitet zu sein.

Im Gegensatz zu den wenig oder gar nicht beweglichen ausgebildeten Thieren sind die Jugendformen sehr geschickte Schwimmer, welche nach Art der holotrichen, hypotrichen oder peritrichen Infusorien bewimpert sind. Sie bilden sich als knospenförmige Auswüchse auf der Oberfläche eines Mutterthieres oder auch als „Embryonen“ im Innern; letzteres ist jedoch nur scheinbar und so zu erklären, dass die Stelle der Körperoberfläche, welche die Knospe erzeugt, vorher in's Innere des Körpers eingestülpt worden war. Nach längerem Herumschwimmen kommen die Thiere zur Ruhe, indem sie sich festsetzen, die Wimpern einziehen und Saugröhrchen bilden.

Im Süsswasser sind einige *Podophryen* (*P. quadripartita* Cl. u. L.) weit verbreitet, ausserdem die in Infusorien schmarotzende *Sphaerophrya*, im Meer lebt auf Hydroiden und Bryozoen neben zahlreichen Arten der Gattung Acineta die *Podophrya gemmipara* Hertw. (Fig. 21 S. 53.)

IV. Classe.

Gregarinarien oder Sporozoen.

Die Gregarinen haben in ihrer drehrunden fadenförmigen Gestalt und in ihrer parasitischen Lebensweise eine oberflächliche Aehnlichkeit mit Nematoden und wurden daher lange für Jugendformen derselben gehalten; sie sind aber von Nematoden als typische einzellige Organismen sehr leicht zu unterscheiden. (Fig. 148 I.) Das Protoplasma ist schärfer als bei irgend einem Urthier in ein trübkörniges Entosark (*en*) und ein helles Ectosark (*ek*) gesondert; letzteres wird nach aussen von einer (nicht überall nachweisbaren) doppelt contourirten Cuticula (*ek*) überzogen. Bei vielen Gregarinen zerfällt der Körper durch eine ringförmige Einschnürung in eine vordere kleinere und eine hintere grössere Partie, Protomerit und Deuteromerit; innerlich kommt die Sonderung darin zum Ausdruck, dass sich durch die Entosarkmasse eine quere Brücke Ectosarks hindurch erstreckt. Bei den Formen, in denen Proto- und Deuteromerit differenzirt sind, liegt der bei allen Gregarinen einfache bläschenförmige Kern in letzterem; dagegen besitzt das Protomerit ab und zu eine Armatur von Borsten und Widerhaken, welche wahrscheinlich zum Befestigen des Thieres an den Wandungen seines Aufenthaltsortes dienen (Epimerit). Contractile Vacuolen fehlen, ebenso eine Mundöffnung; wahrscheinlich vermögen die Thiere nur flüssige Nahrung mittelst Endosmose aufzunehmen.

Für gewöhnlich liegen die Gregarinen ruhig oder gleiten ähnlich den Diatomeen ohne wahrnehmbare Gestaltveränderung langsam voran. Seltener sind wurmförmige Contractionen, Einknickungen des Körpers, Ausbuchtungen der Oberfläche, welche an amöboide Bewegungen erinnern, wie denn manche Arten anatomisch von Amöben kaum zu unterscheiden sind. Selten wurden besondere Bewegungsvorrichtungen in Form ringförmiger, subcuticularer Muskelfibrillen vorgefunden.

Die Vermehrung erfolgt ausschliesslich im encystirten Zustand, (Fig. II *A*). Lange Zeit vorher kriechen zwei Gregarinen mit einander herum, indem das vordere Ende der einen an das hintere Ende der

anderen anklebt; dann encystiren sie sich gemeinsam. Hierbei kommt es zu keiner Verschmelzung der Körper, wohl aber zu einer Befruchtung durch Verschmelzung der Kerne. Nachdem durch Vermehrung des Kernes jedes encystirte Thier vielkernig geworden ist, zerfällt es zunächst oberflächlich, dann auch in den inneren Partieen in kleine Kugeln (Fig. II *B*), welche sich in die Pseudonavicellen verwandeln (Fig. II *C*). Die Pseudonavicellen sind spindelförmige, einkernige, von einer festen Membran umhüllte Körper. (Fig. III *A*.) Bei der Bildung der Pseudonavicellen bleibt ein Rest körniger Substanz übrig, welcher durch sein grosses Quellungsvermögen unter günstigen Verhältnissen die Cyste zum Platzen bringt und die Pseudonavicellen austreibt. Zur Entleerung der letzteren dienen ab und zu auch besondere Ausfuhrcanäle, die Sporoducte. Von dem weiteren Schicksal der Pseudonavicellen wissen wir nur noch, dass ihr protoplasmastischer Inhalt mit abermaliger Hinterlassung eines Restkörpers sich in die sichelförmigen Körper (4—10 an der Zahl) theilt; wahrscheinlich liefern diese dann die jungen Gregarinen. (Fig. III *B*.)

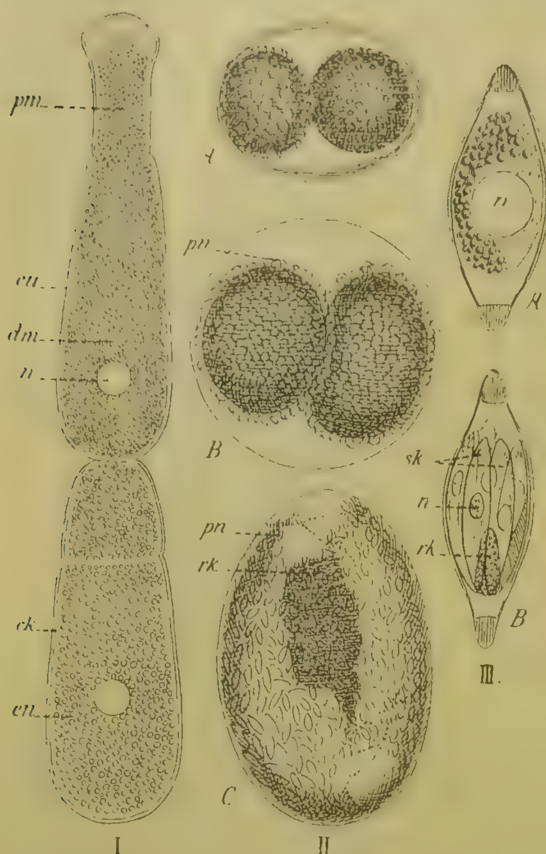


Fig. 148. Gregarinenentwicklung, I. Clepsidrina blattarum in Conjugation. *ek* Ectosark, *en* Entosark, *cu* Cuticula, *pm* Protomerit, *dm* Deuteromerit, *n* Kern. II. Cysten in Umbildung zu Pseudonavicellen. *pn* Pseudonavicellen, *rk* Restkörper. III. *A* Eine Pseudonavicelle stärker vergrössert. *B* Dieselbe getheilt in die sichelförmigen Keime *sk*.

Typische Gregarinen kommen nur im Darm, der Leibeshöhle und den Geschlechtsorganen wirbelloser Thiere (namentlich von Insekten und Würmern) vor; *Clepsidrina blattarum* findet sich im Darm der Küchenschabe (Periplaneta orientalis), *Monocystis agilis* im Geschlechtsapparat des Regenwurms; sie scheinen ihren Wirthen keinen Schaden zu bringen. Gefährlicher sind die *Coccidien*, welche auch bei Wirbelthieren, namentlich bei Säugethieren, vorkommen und sich nicht unwesentlich von den ächten Gregarinen unterscheiden; sie sind Zellenparasiten. *Coccidium oviforme* Lt. (Fig. 149) lebt in den Leberzellen des Kaninchens, seltener auch des Menschen; *Eimeria falciformis* Schn. (nach neueren

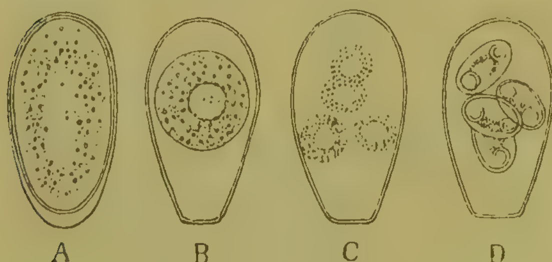


Fig. 149. Coccidium oviforme (aus Hatschek). *A*, *B* jüngere und ältere Cyste, *C* Theilung in 4 Stücke, *D* Bildung der Keimlinge.

Untersuchungen mit *C. oviforme* identisch) dringt in die Epithelzellen des Darmes ein. Beide erzeugen Entzündungen, die namentlich in der Leber durch Eiterung gefährlich werden können. Haben die Coccidien eine bestimmte Grösse erreicht, so encystiren sie sich. Die Cysten müssen in's Freie gelangen, um sich weiter zu entwickeln. Ihr Inhalt zerfällt dann in vier Tochtercysten; jede Tochtercyste liefert, abgesehen von etwas Restsubstanz, zwei Keimlinge mit kugelig verdicktem, vorderem Ende, welche so aneinander liegen, dass das Bild einer Hantel mit gebogenem Mittelstück entsteht. Unter geeigneten Verhältnissen kriechen die Keimlinge aus und werden wahrscheinlich zu Amöben, welche von Neuem in die Leberzellen eindringen. Ausserdem soll sich das Coccidium in seinem Wirth selbst vermehren können, indem es direct in eine grössere Zahl sichelförmiger Keimlinge zerfällt.

Von den echten Gregarinen entfernen sich noch mehr die *Psorospermien* und die *Rainey-Miescher'schen* Schläuche, welche daher auch erstere als *Myxosporidien*, letztere als *Sarkosporidien* zu besonderen Abtheilungen der Gregarinarien erhoben werden.

Die *Myxosporidien* (Fig. 150) nisten sich als grosse, mit blossem Auge wahrnehmbare, amöboide Körper in den Kiemen, Muskeln und Eingeweiden der Fische ein. Hier zerfallen sie in zahlreiche runde Kugeln, die Keimkugeln, welche ihrerseits durch Theilung zwei oder drei Sporen erzeugen. Jede Spore ist durch eine feste Membran in eine ovale Gestalt eingezwängt und besitzt anfänglich drei Kerne, von denen aber nur einer erhalten bleibt. Am merkwürdigsten sind an ihr zwei Körper vom Bau der Nesselkapseln der Coelenteraten, ovale Bläschen, welche einen Faden in sich enthalten, der unter besonderen Verhältnissen ausgeschleudert wird.

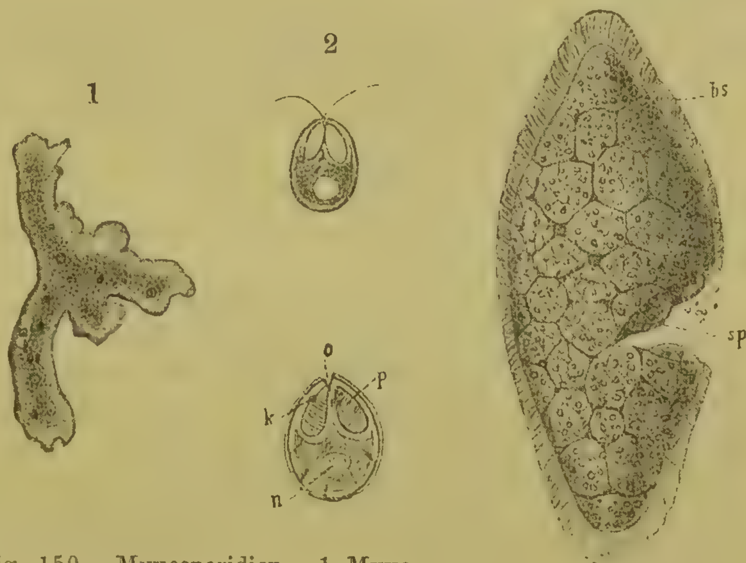


Fig. 150. Myxosporidien. 1 Myxobolus Mülleri aus der Fischkieme, 2 und 3 Psorospermien von Myxidium Lieberkühni. *n* Kern, *k* Kerne in Rückbildung, *p* nesselkapselartige Polkörper bei 2 mit ausgeschnellten Fäden.

Fig. 151. Sarcocystis aus dem Zwerchfell des Schweines (nach Bütschli). *bs* Hülle, *sp* Sporenkugeln.

Am wenigsten bekannt sind die *Sarkosporidien* (Fig. 151), Anschwellungen im Innern des Sarkolemms von Muskelprimitivbündeln, welche bei Schweinen, Rehen, Mäusen und anderen Wirbelthieren gefunden wurden. Sie sind ovale Körper, welche aus einzelnen Sporenkugeln bestehen und von einer Hülle umgeben werden, die eine zur Oberfläche senkrechte Streifung zeigt. Von unkundigen Beobachtern können sie für Trichinenkapseln gehalten werden. Jede Sporenkugel liefert einen Haufen von sichelförmigen Keimen.

Zusammenfassung der wichtigsten Resultate über Protozoen.

1. Die **Protozoen** sind einzellige Organismen ohne echte Gewebe und ohne echte Organe.

2. Alle Lebensprocesse werden durch das Protoplasma (Sarkode) vermittelt, die Verdauung stets unmittelbar vom Protoplasma, die Fortbewegung und Nahrungsaufnahme durch Fortsätze des Protoplasma (Pseudopodien) oder durch Anhänge (Wimpern und Geisseln).

3. Die Excretion erfolgt durch besondere Flüssigkeitsansammlungen, die contractilen Vacuolen.

4. Die Vermehrung ist eine ungeschlechtliche und erfolgt durch Knospung oder Theilung; daneben tritt bei Gregarinen, Infusorien und Flagellaten die Conjugation als Zeichen geschlechtlicher Thätigkeit auf.

5. Die Protozoen sind Bewohner des Wassers, einige leben auch in feuchter Luft; in trockener Luft vermögen sie nur im encystirten Zustand auszuharren, innerhalb einer Kapsel, welche das Vertrocknen verhindert.

6. Da im encystirten Zustand die Protozoen leicht durch den Wind verschleppt werden, erklärt sich ihr Auftreten in Infusionen und in Wasser, welches anfänglich keine Thiere enthielt.

7. Die Eintheilung der Protozoen in die Classen der Rhizopoden, Flagellaten, Ciliaten und Gregarinen gründet sich auf die Fortbewegungsweise.

8. Die **Rhizopoden** besitzen wechselnde protoplasmatische Ausläufer, die Pseudopodien.

9. Die Rhizopoden werden eingetheilt in Moneren, Amöbinen, Heliozoen, Radiolarien, Thalamophoren und Mycetozoen.

10. *Amöbinen* und *Moneren* besitzen beide eine unbestimmte Körpergestalt und unterscheiden sich von einander, indem erstere einen Kern besitzen, letztere kernlos sind.

11. *Heliozoen* und *Radiolarien* haben eine kugelige Körpergestalt mit feinen radial ausstrahlenden Pseudopodien und häufig Kieselskelete; sie unterscheiden sich von einander, indem die Radiolarien eine Centralkapsel besitzen, die den Heliozoen fehlt.

12. *Thalamophoren* haben eine Schale, welche an einem Ende blind geschlossen, am anderen Ende zum Durchtritt der Pseudopodien geöffnet ist; im Uebrigen ist die Schale rein chitinös oder mit kohlensaurem Kalk imprägnirt, einkammerig oder vielkammerig, gerade gestreckt oder spiral eingewunden, fest gedichtet oder von kleinen Oeffnungen durchbohrt; die Pseudopodien sind bald lappig, häufiger fadenförmig, verästelt.

13. Durch ihre Schalen und ihr massenhaftes Auftreten haben die Thalamophoren grosse geologische Bedeutung, indem sie mächtige Ablagerungen gebildet haben (Kreide, Nummulitenkalke) und noch bilden. Von geringer Bedeutung sind die Kieselskelete der Radiolarien.

14. *Mycetozoen* (Myxomyceten der Botaniker) sind meist riesige Amöben mit netzförmig verästeltem Protoplasma (Plasmodien); sie bilden complicirte, an die Pilze erinnernde Fortpflanzungskörper (Sporenblasen und Carpome).

15. Die **Flagellaten** besitzen einen oder einige wenige, lange, schwingende Fortsätze, die zur Fortbewegung und zum Herbeistrudeln der Nahrung dienen, die Geisseln.

16. Die *Autoflagellaten* haben nur Geisseln, sie ernähren sich wie Pflanzen mittelst Chlorophylls (Volvocineen) oder haben zur Aufnahme der Nahrung eine Mundöffnung oder ein Collare (Choanoflagellaten).

17. *Dinoflagellaten* haben zweierlei Geisseln und meist einen aus Cellulose bestehenden Panzer.

19. *Cystoflagellaten* sind Flagellaten mit einem von einer festen Membran umschlossenen Gallertkörper (Noctiluca, Meerleuchte).

19. Die **Ciliaten** oder auch **Infusorien** im engeren Sinne haben zahlreiche feine schwingende Fortsätze, die Cilien, eine Cuticula, in Folge dessen besondere Oeffnungen zur Aufnahme und Abgabe von Stoffen, Zellenmund (Cytostom) und Zellenafter (Cytopyge).

20. Am interessantesten ist das Auftreten von zweierlei Kernen, einem Geschlechtskern (Nebenkern) und einem functionirenden Kern (Hauptkern).

21. Bei der Conjugation werden Theile der Nebenkerne ausgetauscht und bewirken die Befruchtung. Der Hauptkern geht dabei zu Grunde und wird durch ein Theilstück des befruchteten Nebenkerns ersetzt.

22. Das Systema der Infusorien beruht auf der Ausbildungsweise und der Vertheilung der Wimpern.

23. Die *Holotrichen* haben eine totale, gleichmässige Bewimperung.

24. Die *Heterotrichen* haben ausser der totalen Bewimperung besonders kräftige Wimpern im Umkreis des Mundes (adorale Wimperspirale).

25. Die *Peritrichen* haben nur die adorale Bewimperung.

26. Die *Hypotrichen* haben auf der Bauchseite ausser der Wimperspirale noch weitere in Reihen gestellte Wimpern und Wimperbüschel.

27. Die *Suctorien* haben nur während der Fortpflanzung Wimpern, später sitzen sie fest und ernähren sich durch Saugtentakeln.

28. **Gregarinarien** sind parasitische Protozoen ohne Fortbewegungsorgane und ohne Mund; da sie eine Cuticula haben, können sie sich nur durch Endosmose ernähren.

29. Die *echten Gregarinen* bilden bei der Fortpflanzung Cysten, deren Inhalt in die Pseudonavicellen zerfällt; der Inhalt der Pseudonavicellen liefert durch Theilung die sichelförmigen Keime.

30. Von den typischen Gregarinen unterscheiden sich in mehr oder minder erheblicher Weise die *Coccidien* (Coccidium oviforme der Säugethiere), die *Psorospermienschläuche* der Fische oder *Myxosporidien*, und die *Rainey-Miescher'schen Schläuche* der Säugethiermuskeln oder *Sarkosporidien*.

Anhang.

Der Descendenztheorie zufolge sollte man erwarten, dass Uebergangsformen zwischen Protozoen und Metazoen existiren. Als solche sind die *Katallakten* beschrieben worden, Kugeln von flimmernden Zellen, die sich bei der Fortpflanzung in die einzelnen Zellen auflösen. Eigenartige vielzellige Thiere von äusserst primitivem Bau, denen im System der Metazoen schwer eine feste Stellung einzuräumen ist, sind ferner der *Trichoplax adhaerens*

F. E. Schulze, die *Salinella salve* Frenzel, die *Orthonectiden* und die *Dicyemiden*; der *Trichoplax* ist eine Scheibe, welche nur aus zwei epithelartigen, durch Gallertgewebe getrennten Zellenlagen besteht; die *Dicyemiden* und *Orthonectiden* haben ein vielzelliges Ectoderm, welches dort nur eine grosse Zelle, hier einen soliden Haufen von Zellen umschliesst. Bei *Salinella* endlich ist überhaupt nur eine, eine Art Darm umschliessende Zellenschicht vorhanden. Da die *Dicyemiden* in der Niere der Cephalopoden, die *Orthonectiden* in Würmern und Echinodermen parasitisch leben, ist es möglich, dass ihre niedere Organisation durch Rückbildung zu erklären ist.

Metazoen, vielzellige Thiere.

Nach Ausschluss der Protozoen kann man alle Stämme des Thierreichs unter dem Begriff „Metazoen", d. h. „höhere Thiere" zusammenfassen. Das Gemeinsame derselben besteht darin, dass sie aus zahlreichen gegen einander abgegrenzten einzelnen Zellkörpern bestehen und dass diese Zellen in mehreren Lagen angeordnet sind. Mindestens sind zwei Lagen vorhanden, eine Zellschicht, welche die Abgrenzung des Thierkörpers nach aussen bewirkt, die Haut-epithelschicht oder das Ectoderm, und eine den Darm auskleidende Zellenlage, das Entoderm oder die Darm-epithelschicht; dazwischen kann noch eine dritte Gewebslage vorhanden sein, welche häufig durch die Leibeshöhle in eine äussere, Hautfaserschicht, und eine innere, Darmfaserschicht, gespalten ist. Man nennt die mittlere Körperschicht, unbekümmert darum, ob eine Leibeshöhle vorhanden ist oder nicht: Mesoderm. Die Vielzelligkeit ermöglicht eine höhere Entfaltung der Organisation; es treten in verschiedenen Graden der Specialisirung Gewebe und Organe auf. Bei keinem Metazoon wird eine echte geschlechtliche Fortpflanzung, d. h. eine Fortpflanzung durch Geschlechtszellen vermisst, womit aber nicht die Möglichkeit ausgeschlossen sein soll, dass manche Arten sich vielleicht ausschliesslich durch unbefruchtete Eier auf parthenogenetischem Wege entwickeln. Neben der geschlechtlichen Fortpflanzung kommen bei vielen Arten, namentlich bei den niederen Würmern und den Coelenteraten, noch Theilung und Knospung vor.

Für sämmtliche Metazoen ist die Erscheinung der Eifurchung in hohem Grade charakteristisch; das befruchtete Ei theilt sich in zahlreiche Zellen, welche als Furchungszellen zur Bildung der Keimkugel vereinigt bleiben. Kein einziges Protozoon besitzt einen Furchungsprocess; etwaige Theilungen führen hier zu neuen Individuen, die sich entweder vollkommen von einander trennen oder ausnahmsweise in einem lockeren Verbande (Stock, Colonie) verbleiben.

II. Stamm.

Coelenteraten, Pflanzenthiere.

Die zum Stamme der Coelenteraten gehörigen Thiere wurden früher (wie auch jetzt noch von manchen Zoologen) Zoophyten oder Pflanzenthiere genannt; später wurden sie von Cuvier mit den Echinodermen zum Typus der Radiaten vereint, eine Vereinigung, welche Leuckart, der Vater des Namens „Coelenteraten", wieder rückgängig machte, weil bei den Echinodermen ein besonderer Darm und eine besondere Leibeshöhle vorhanden ist, bei den Coelenteraten dagegen nur ein einziges Hohlraumsystem. Jeder der drei Namen bezieht sich auf bestimmte wichtige Merkmale des Stammes.

1. Der Name „Pflanzenthiere" wurde mit Rücksicht auf den allgemeinen Habitus gewählt. Die meisten Coelenteraten sind wie Pflanzen auf dem Boden festgewachsen und bilden vermöge unvollständiger Knospung busch- oder rasenartige Colonien; die Aehnlichkeit ist jedoch nur eine äusserliche, da bei einer einigermassen genauen Untersuchung die thierische Natur keines einzigen Coelenteraten auch nur im geringsten zweifelhaft sein kann. Der Name darf daher nicht so verstanden werden, als ob es sich hier um zweifelhafte Formen handele, welche auf der Grenze von Thier- und Pflanzenreich stehen. Dies würde schon dadurch widerlegt werden, dass es neben den festsitzenden auch frei bewegliche Formen giebt, welche sogar mit grosser Behendigkeit im Wasser schwimmen.

2. Die meisten Coelenteraten sind radialsymmetrisch; in ihrem Körper ist stets eine Axe feststehend, die Hauptaxe, deren eines Ende durch die Mundöffnung, deren anderes Ende durch das blinde Darmende charakterisirt ist. Im Umkreis der Hauptaxe sind im Grossen und Ganzen die Organe des Körpers gleichmässig vertheilt, so dass zahlreiche Theilebenen möglich sind, welche den Körper symmetrisch halbiren. Bei den Schwämmen allerdings ist die Vertheilung der Organe so regellos, dass man eher von Asymmetrie oder Anaxonie reden könnte; andererseits giebt es hochorganisirte Coelenteraten, welche sich zur zweistrahligen Symmetrie oder gar zur Bilateralität weiter entwickelt haben (Ctenophoren und manche Anthozoen).

3. Coelenteraten endlich heissen die Thiere, weil in ihrem Körperinnern nur ein einziges zusammenhängendes Hohlraumsystem, das Coelenteron oder das Gastrovascularsystem vorhanden ist. Im einfachsten Fall ist dasselbe ein weitmündiger Sack, in welchen die Nahrung zur Verdauung aufgenommen wird; die einzige Oeffnung des Sacks dient dann meist als Mund und After zugleich; der Sack selbst ist als Darm oder Magen zu bezeichnen. Häufiger aber gehen von dem central gelegenen Sack seitliche Divertikel oder verästelte Canäle aus, welche die Nahrung nach der Peripherie des Körpers vertheilen und somit functionell die Gefässe ersetzen. Daher der Name „Gastrovascularcanäle".

Da das besprochene Hohlraumsystem in erster Linie der Ernährung dient, ist es missbräuchlich, dasselbe Leibeshöhle zu nennen und

die Coelenteraten für darmlos zu erklären. Dagegen ist der Name „Coelenteron“ oder „Darmleibeshöhle“ — d. h. ein Hohlraum, welcher Darm- und Leibeshöhle zugleich ist — vollkommen zu vertheidigen. Denn bei vielen höheren Thieren, welche eine echte Leibeshöhle besitzen, sehen wir dieselbe als eine sich abschnürende Ausstülpung des Darms entstehen. Da solche Darmdivertikel auch bei den Coelenteraten vorkommen, ohne jedoch selbständig zu werden, so kann man in der That sagen, dass hier im Gastrovascularsystem nicht nur der Darm, sondern *potentia* auch die Leibeshöhle enthalten ist.

Bei den Coelenteraten kommt neben der geschlechtlichen noch die ungeschlechtliche Fortpflanzung vor, in weitester Verbreitung die Knospung, seltener die Theilung. Geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung können sich combiniren und durch gesetzmässiges Alterniren den Generationswechsel hervorrufen.

Zum Zweck der weiteren Besprechung müssen wir gleich von Anfang zwei Unterstämme, welche äusserst wenig mit einander gemein haben, auseinanderhalten, die *Spongien* mit der einzigen Classe der *Poriferen* und die *Cnidarien* oder *Nematophoren*, welche letztere die drei Classen der *Hydrozoen*, *Anthozoen* und *Ctenophoren* umfassen.

I. Unterstamm.

Spongien.

I. Classe.

Poriferen, Schwämme.

Gestalt. Die Spongien oder Poriferen, zu denen als bekanntester Repräsentant der Badeschwamm, *Euspongia officinalis*, gehört, sind fast ausschliesslich Meeresbewohner; aus dem Süsswasser kennt man nur die verschiedenen Arten der Gattung *Spongilla*. Die Thiere haben keine Ortsbewegung, sitzen an Wasserpflanzen und Steinen festgewachsen, entweder an den Küsten oder auf dem Grund des Meeres bis zu Tiefen von 6000 Meter. Hier bilden sie kugelige Klumpen oder dünne Krusten, kleine Cylinder oder aufsteigende, verästelte Körper; häufig ist die Gestalt so wechselnd, dass man überhaupt von einer bestimmten Grundform nicht reden kann. — Ausserordentlich schwierig ist es, sich von der thierischen Natur dieser unförmigen Klumpen zu überzeugen. Auffällige Bewegungen und Contractionen des ganzen Körpers kommen selten vor; gewöhnlich kann man nur mit Hilfe des Microscops active Bewegungen, das Oeffnen und Schliessen der Poren und die Strömungen im Gastrovascularsystem, erkennen.

Anatomie. Die einfachsten Schwammformen haben die Gestalt eines Schlauches (Fig. 152), welcher mit dem einen Ende festgewachsen ist und am anderen Ende eine Oeffnung, das als After functionirende Osculum, besitzt. Das Lumen des Schlauchs ist der Magen oder der „Camin“, ein weiter, zur Verdauung dienender Hohlraum, in welchen die Nahrung durch zahlreiche, die Dicke der Magenwand durchsetzende Poren

gelangt. Die Grundlage des gesammten Körpers ist ein homogenes oder faseriges Bindegewebe, welches wir Mesoderm nennen wollen. Dasselbe ist nach aussen vom Ectoderm, nach innen zu vom Entoderm bedeckt. (Fig. 153.) Das Ectoderm ist eine unscheinbare Lage äusserst vergänglicher und schwierig nachzuweisender Plattenepithelzellen; das Entoderm ist ein einschichtiges Geisselepithel, dessen einzelne Zellen ausserordentlich an die Körper gewisser Flagellaten (Fig. 133) erinnern; das freie Ende der Zelle verlängert sich in Form eines Collare, welches die Basis der Geissel umfasst. Da neben dem Kern auch eine contractile Vacuole vorhanden ist, ist der Versuch gemacht worden, jede Geisselzelle als ein einzelnes Thier und den ganzen Schwamm als eine Flagellatencolonie aufzufassen, eine Ansicht, welche ganz ausser Acht lässt, dass ausser dem Geisselepithel ein ectodermales Plattenepithel und eine mesodermale Bindesubstanz mit Skelet und Geschlechtsorganen vorkommt. In der Neuzeit ist es sogar wahrscheinlich geworden, dass im Mesoderm Muskelzellen. welche das Schliessen der Poren veranlassen, vielleicht selbst Nerven- und Sinneszellen enthalten sind.

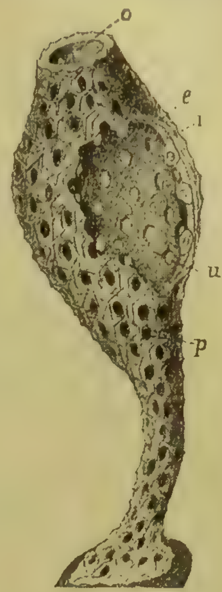


Fig. 152. Olynthus (nach Haeckel). *o* Osculum, *p* Poren, *u* Darm, *e* Nadeln, *i* Eier.

Wenn die Magenwand sich durch Zunahme der mesodermalen Bindesubstanz verdickt, so rücken die Porenmündungen (Fig. 155, 156) der Körperoberfläche (Dermalporen) und die auf der Innenwand des Magens (Gastralporen) auseinander, so dass längere nach dem Magen leitende Canäle entstehen. Diese Canäle erhalten bei vielen Schwämmen eine sehr complicirte Beschaffenheit und Anordnung. Die an der Oberfläche mit den Dermalporen beginnenden Canäle münden entweder in lacunäre Hohlräume dicht unter der Körperoberfläche (die subdermalen Räume), oder sie vereinigen sich zu einigen grösseren Gefässen, welche sich nach kurzem Verlauf von Neuem verästeln, so dass ein Gefäss mit seinen Sammelröhren und seinen Verzweigungen an einen

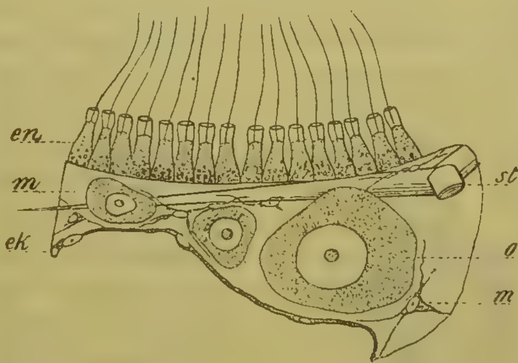


Fig. 153. Stück eines Querschnitts durch Sycandra raphanus (nach F. E. Schulze). *en* entodermale Geisselzellen mit Collare, *ek* ectodermales Plattenepithel, *m* Mesoderm mit Bindesubstanzzellen, *o* Eier, *st* Kalknadeln.

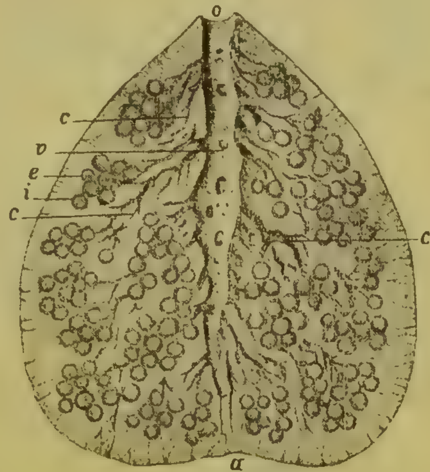


Fig. 154. Leucortis pulvinar. *o* Osculum, *v* Magen. *c* Canäle, die aus den Geisselkammern in den Magen führen, *e* Geisselkammern, *i* Mesoderm, *a* aboraler Pol (nach Haeckel).

Baum mit Wurzel- und Astwerk erinnert. (Fig. 154, 155.) Die feinsten Endzweige erweitern sich zu kleinen beerenartigen Anschwellungen, den Geisselkammern, welche ihren Namen dem Umstand

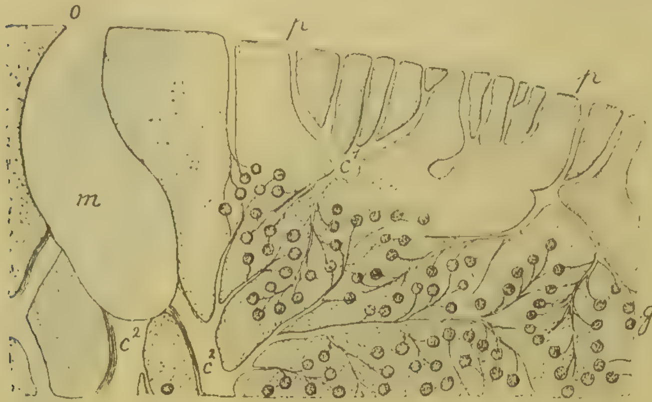


Fig. 155. Querschnitt durch die Rinde von Chondrilla nucula (nach F. E. Schulze etwas schematisirt durch Weglassen des Skelets). *p* Poren, welche in die zuführenden Canäle (c^1) leiten, diese verästeln sich in die Geisselkammern *g*, aus den Geisselkammern strömt das Wasser durch die rückführenden Canäle (c^2) in den Magen (*m*) und durch das Osculum (*o*) nach aussen.

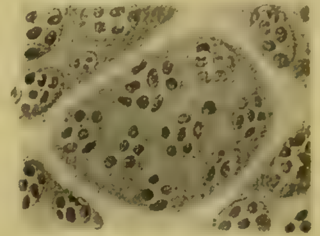


Fig. 156. Dermalporen von Aplysina aërophoba, von der Oberfläche betrachtet (nach F. E. Schulze).

verdanken, dass sich nur in ihrer Wand das charakteristische Geisselepithel der Spongien erhält. Von den Geisselkammern leiten feine, allmählig zu grösseren Stämmen sich vereinende Canäle in den Centralmagen über. Dieser, sowie das ganze zu- und ableitende Canalsystem ist von Plattenepithel ausgekleidet.

Coloniebildung.

Die meisten Arten der Schwämme bilden buschige oder verästelte Stöcke, indem das aus einem Ei hervorgegangene erste Schwammindividuum durch fortgesetzte Knospung zahlreiche Seitensprosse treibt. (Fig. 157.) Wenn nun die Seitenäste durcheinander wachsen und da, wo sie zusammenstossen, von Neuem verschmelzen (Fig. 158), entsteht ein weiteres System von Hohlräumen, das Intercanalsystem; ein Querschnitt durch einen Schwamm ergiebt dann eine Menge grösserer und kleinerer Lücken, von denen es vielfach ganz unmöglich ist, fest-



Fig. 157. Ascyssa acufera (nach Haeckel).

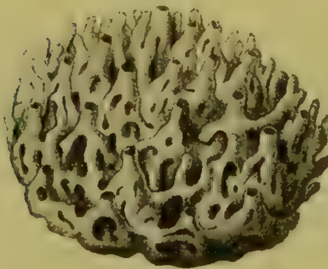
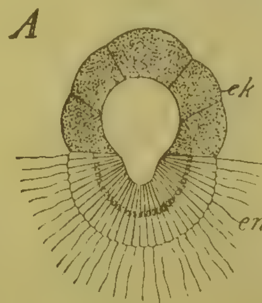


Fig. 158. Leucetta sagittata (nach Haeckel).



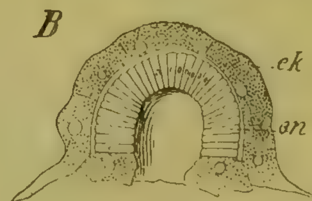


Fig. 159. Entwicklung von Sycandra raphanus (nach F. E. Schulze). *A.* Blastula. *B.* Gastrula im Moment des Festsetzens. *ek* Ectoderm, *en* Entoderm.

zustellen, ob sie dem Gastrovascularsystem oder dem Intercanalsystem angehören.

Entwicklung.

Die **E n t w i c k l u n g** kann eine ungeschlechtliche sein, indem Stücke eines Schwammes sich ablösen und neue Thiere bilden; häufiger ist die geschlechtliche Fortpflanzung. Eier (Fig. 153) und Samenfäden entstehen aus mesodermalen Zellen, erstere werden am Ort ihrer Entstehung befruchtet und abgefurcht und kommen als bewimperte Blastulae zum Vorschein. Die Gastrulation erfolgt bei manchen Schwämmen während des Festsetzens (Fig. 159), wobei der Gastrulamund geschlossen und am entgegengesetzten freien Ende ein neues bleibendes Osculum erzeugt wird.

Für die **S y s t e m a t i k** wird der Bau und die chemische Beschaffenheit des Skelets verwandt (Fig. 160); dasselbe fehlt äusserst selten; wo es vorhanden ist, entsteht es aus dem Mesoderm als Ausscheidungsproduct gewisser daselbst lagernder Zellen; je nachdem es fehlt oder aus Kalk, Horn oder Kiesel besteht, unterscheidet man **M y x o s p o n g i e n**, **C a l c i s p o n g i e n**, **C e r a o s p o n g i e n**, **S i l i c i s p o n g i e n**.

I. Ordnung. Calcispongien.

Die Kalkschwämme finden sich ausschliesslich im Meer, wo sie mit Vorliebe felsige Küsten in geringer Tiefe besiedeln; sie sind von unscheinbarer, grauer Farbe und geringer Körpergrösse, 1 oder wenige Centimeter lang. Die im Mesoderm entstandenen Skeletnadeln ragen meist durch das Ectoderm heraus und bilden namentlich gern im Umkreis des Osculum einen seidenglänzenden Kranz. Man unterscheidet Vier-, Drei- und Ein-Strahler. (Fig. 160.) Innerhalb der 3 genannten Grundformen kommen mannichfache Modificationen durch ungleiche Entwicklung und Krümmung der Strahlen zu Stande. Der Weichkörper ist verschiedenartiger gebaut als bei den anderen Spongien; nach ihm unterscheidet man 3 Gruppen: die *Asconen*, *Syconen* und *Leuconen*.



Fig. 160. Verschiedene Nadelformen von Kalk- und Kieselschwämmen (aus Lang).

I. **U n t e r o r d n u n g.** *Asconen.* Schwämme mit dünner, von Poren durchsetzter Magenwand (Fig. 152. 157). *Ascyssa acufera* H.

II. **U n t e r o r d n u n g.** *Syconen.* Der Magenraum treibt radiale Ausstülpungen, die Radialtuben, welche regelmässig angeordnet bei der Betrachtung von der Fläche eine Quincunxstellung ergeben. *Sycon ciliatum.* O. Fabr.

III. **U n t e r o r d n u n g.** *Leuconen.* Magenwand verdickt, zwischen den Poren der Oberfläche und den Poren der Magenwand spannt sich ein complicirtes, verästeltes Canalsystem aus. (Fig. 154. 158.) *Leucetta sagittata* H., *Leucortis pulvinar* H.

II. Ordnung. Myxospongien.

Die *Myxospongien*, *Ceraospongien* und die meisten *Silicispongien* stimmen im Bau des Weichkörpers im Wesentlichen überein, indem das

reichlichere Mesoderm von Geisselkammern und einem mehr oder minder complicirten, zurückführenden und abführenden Gefässsystem durchsetzt wird; sie unterscheiden sich, indem bei den *Myxospongien* jegliches Skelet fehlt, bei den *Ceraospongien* ein Skelet von Hornsubstanz, bei den *Silicispongien* ein solches von Kieselnadeln vorhanden ist. Diese Eintheilung nach dem Skelet, so geeignet sie auch ist zur ersten Orientirung, stösst in ihrer Durchführung auf Schwierigkeiten; es giebt Hornschwämme, welche den Myxospongien sehr nahe stehen, während andere den Uebergang zu den Silicispongien vermitteln, indem sie Kieselnadeln erzeugen und in der Axe der Hornfasern ablagern.

Halisarciden, kleine, lebhaft gefärbte krustenartige Küstenschwämme, *Halisarca Dujardini* Johnst.

III. Ordnung. Ceraospongien.

Das Skelet der Hornschwämme besteht aus einer organischen Substanz, welche man Horn nennt, obwohl sie chemisch nicht mit dem Keratin der Nägel, Hufe, Haare und Federn der Wirbelthiere identisch ist. Die Substanz ist in Fäden abgelagert, welche durch Apposition wachsen und daher einen concentrisch geschichteten Bau besitzen. Die Anbildung neuer Massen erfolgt durch eine besondere, die Fasern bedeckende Zellenschicht von Spongoblasten. Die Hornfäden sind stets nach allen Richtungen des Raums verästelt, die Aeste meist untereinander zu einem Gerüstwerk verwachsen.

Die bekanntesten Hornschwämme sind die Badeschwämme: *Euspongia officinalis* L., welche in verschiedenen Varietäten das Mittelmeer und andere Meere bevölkern. Am gesuchtesten sind die Levanteschwämme (*var. mollissima*), nächstdem die Schwämme der Adria. Zur Verwendung kommt im Handel nur das Skelet, ein Gerüstwerk, dessen Balken wiederum aus Netzen feinster Fasern bestehen. Den Weichkörper entfernt man, indem man ihn durch Quetschen abtödtet, ausfaulen lässt und die Reste mit Süsswasser auswäscht. Technisch verwerthbar, wenn auch weniger gut sind *Euspongia zimocca* O. Schm. und *Hippospongia equina* O. Schm. Pferdeschwamm, unbrauchbar dagegen die *Caccospongien*, *Aplysinen* und *Aplysillen*.

IV. Ordnung. Silicispongien.

Die Kieselschwämme bilden die artenreichste Gruppe unter den Schwämmen; sie sind in allen Meeren und in allen Meerestiefen weit verbreitet, häufig durch bedeutende Grösse und intensive Färbung ausgezeichnet. Sie werden in *Tetraxonier* und *Triaxonier* eingetheilt. Erstere, im Bau des Weichkörpers mit den *Ceraospongien* nahe verwandt und wie diese mit einem reichlichen Mesoderm und einem complicirten zu- und abführenden Canalsystem ausgerüstet (Fig. 155), besitzen vierstrahlige Skeletnadeln (*Tetractinelliden*) oder aus Modification derselben entstandene Einstrahler (*Monactinelliden*) oder derbe, oft zu massiven Gerüsten verklebte Skeletstücke (*Lithistiden*). Bei den *Triaxoniern* zeigen die ausnehmend zierlichen, wie aus Glas gesponnenen Skeletstücke drei gekreuzte Axen (6 von einem Mittelpunkt ausstrahlende Kieselfäden: *Hexactinelliden*); das Mesoderm ist spärlich, in Folge dessen sind die zuführenden, wie die abführenden Canäle durch ein unregelmässiges Maschenwerk weiter Lücken ersetzt; zwischen beiden liegt eine Schicht grosser Geisselkammern.

I. Unterordnung. *Tetraxonier.* Zu den *Monactinelliden* gehören vor Allem die Süsswasserschwämme, darunter die bekanntesten Arten: *Spongilla*

fluviatilis Lk. und *Sp. lacustris* Lk. (Fig. 81, cfr. S. 102), welche als Ueberzüge von Steinen und von Wurzeln, die in das Wasser ragen, in Flüssen, Wassergräben, Tümpeln und Teichen weit verbreitet sind. Die natürliche Farbe ist ein lichtes Grau, welches aber durch eingenistete Algen in Grün verwandelt werden kann. Vor den meisten, vielleicht sogar allen marinen Verwandten haben die Süsswasserschwämme die Bildung der Gemmulae voraus; zeitweilig zerfällt der Weichkörper in kleine rundliche Stücke, welche den Durchmesser eines dicken Stecknadelkopfes besitzen und sich mit einer festen Membran umgeben, die bei manchen Arten noch von Kieselstückchen, den Amphidiscen, verstärkt werden kann. Derartige „Gemmulae" liegen auf dem von Kieselnadeln gebildeten Schwammgerüst und überdauern die Zeit, in welcher das Wasser des Aufenthaltsorts gefroren oder eingedunstet ist; unter günstigen Verhältnissen kriechen die Inhaltsportionen wieder aus und erzeugen kleine Spongillen. Die Gemmulaebildung ist eine der bei Süsswasserthieren so verbreiteten, der Encystirung der Protozoen vergleichbaren Schutzvorrichtungen.

Die typischen Vertreter der Tetraxonier sind die *Tetractinelliden* (*Geodia gigas* Lam.), nächstdem die *Lithistiden;* letztere bilden eine theils ausgestorbene, theils auf grössere Meerestiefen beschränkte Gruppe massiver Schwämme. *Discodermia polydiscus* Boc.

II. Unterordnung. *Triaxonier.* Die hierher gehörigen *Hexactinelliden* (Glasschwämme) leben ebenfalls in grossen Meerestiefen und waren daher bis in die Neuzeit nur durch wenige Arten bekannt. *Euplectella Aspergillum* Ow., Venuskörbchen genannt wegen seines eleganten Skelets, einer durchbrochenen, aus feinen Kieselfäden gesponnenen Röhre. *Hyalonema Sieboldi* Gray.

II. Unterstamm.

Cnidarien oder Nematophoren.

Die drei höheren Classen der Coelenteraten unterscheiden sich von den Spongien schon bei oberflächlicher Betrachtung, indem sie viel mehr den Eindruck thierisch belebter Körper machen. Dies hängt damit zusammen, dass die einzelnen Thiere, obwohl sie meist unter einander zu Colonien verbunden und auf dem Boden festgewachsen sind, auf Reize hin sich rasch und energisch zusammenziehen können. Am auffälligsten sind die Bewegungen an den Tentakeln, langen Fühlfäden, welche im Umkreis der Mundöffnung stehen und die Aufgabe haben, nach Beute zu tasten, dieselbe zu fassen und der Mundöffnung zuzuführen. Zum Abtödten der Beute bedienen sich die Cnidarien der Cnidae oder Nesselkapseln, welche in anderen Thierstämmen fehlen oder doch wenigstens nur äusserst selten (bei einigen Protozoen, Turbellarien und Mollusken) beobachtet werden. (Fig. 161 *b*.) Diese systematisch sehr wichtigen Apparate sind ovale oder wurstförmige Bläschen mit einem flüssigen Inhalt und einer festen Membran. Jedes Bläschen ist an einem Ende in einen langen Schlauch verlängert, welcher meist so dünn ist, dass er wie ein Faden aussieht und daher auch Nesselfaden heisst. Der Nesselfaden kann in ganzer Ausdehnung

mit Widerhaken bewaffnet sein oder trägt nur wenige starke Widerhaken an seinem unteren, an die Nesselkapsel anschliessenden Ende. Der bis zu den Widerhaken reichende basale Abschnitt des Nesselfadens ist dicker als der übrige Theil. Im Ruhezustand (*a*) ist der Nesselfaden in das Innere der Kapsel eingestülpt und in Spiralwindungen aufgerollt; sein basales Ende kann dabei eine feste Axe bilden, um welche der Rest gewickelt ist; bei Reizung des Thieres wird der Faden ausgeschnellt und erzeugt dem Angreifer eine Wunde, in welche der stark nesselnde, flüssige Inhalt eingeträufelt wird. Es giebt Coelenteraten, welche auf diese Weise selbst dem Menschen intensive Verbrennungen verursachen können.



Fig. 161. Nesselzellen der Cnidarien. *a* Zelle mit Cnidocil und einem in der Kapsel aufgerollten Nesselfaden. *b* Nesselfaden aus der Nesselkapsel hervorgeschleudert, an der Basis mit Widerhaken bewaffnet. *c* Klebzellen einer Ctenophore (aus Lang).

Die Nesselkapsel entsteht als Plasmaproduct im Innern einer Zelle neben dem Kern. Die ausgebildete Nesselzelle reicht bis an die Körperoberfläche und endet hier mit einem Tasthaar oder Cnidocil, welches bei Berührung das Protoplasma reizt und dadurch zum Ausschiessen des Nesselfadens veranlasst. Vielfach ist die Nesselkapsel daher von einer muskulösen Hülle umschlossen oder von einem Netz von Muskelfasern umsponnen.

Im Vergleich zu den Schwämmen kann man die Cnidarien epitheliale Organismen nennen. Ein bindegewebiges Mesoderm fehlt entweder ganz oder besitzt eine untergeordnete Bedeutung; dagegen liefert das Epithel der Körperoberfläche (Ectoderm) und das den Magen auskleidende Epithel (Entoderm) die wichtigsten Gewebe, wie Muskeln, Nerven, Sinnesorgane, Geschlechtsorgane, Nesselkapseln etc., weshalb man die Cnidarien auch zweiblättrige Thiere, Diblasterien, nennt.

II. Classe.

Hydrozoen.

Wenn man die einzelnen Classen der Cnidarien rücksichtlich der Organisationshöhe beurtheilt, kann man die *Hydrozoen* im System ebensowohl höher wie niedriger als die *Anthozoen* stellen; dies kommt daher, dass in der Classe, vielfach sogar bei jeder Art 2 Grundformen auftreten, von denen die eine im Bau den Anthozoen nachsteht, die andere ihnen überlegen ist. Erstere ist der sessile, meist coloniebildende *Polyp,* letztere ist die freibewegliche, mit Sinnesorganen gut versehene *Meduse.* Das Verhältniss beider zu einander ist gewöhnlich das des Generationswechsels. Der Polyp ist die Amme und erzeugt auf dem Wege der Knospung die Meduse, die Meduse dagegen ist das Geschlechtsthier, aus dessen Eiern sich wieder Polypen entwickeln.

Wir kennen nun 2 Polypenformen und 2 Medusenformen, die genetisch einander entsprechen: 1) den *Hydroidpolypen* und die *craspedote Meduse,* 2) den *Scyphopolypen* und die *acraspede Meduse.* So führt die Betrachtung der Ammen und der Geschlechtsthiere gleichmässig zur Aufstellung zweier Gruppen, die wir *Hydromedusen* und *Scyphomedusen* nennen wollen.

1. Unterclasse.

Hydromedusen.

Der *Hydroidpolyp* bildet im Stamm der Cnidarien eine wichtige Grundform, aus welcher sich alle übrigen Gestalten, die Medusen, Scyphopolypen und Corallenpolypen ableiten lassen; das beste Beispiel für ihn liefern uns die bei uns in Bächen und Tümpeln so weit verbreiteten, auf Wasserpflanzen festsitzenden *Süsswasserhydren.* — Der Körper einer Hydra (Fig. 87, 162a) ist ein Schlauch, der mit dem hinteren, blind geschlossenen Ende, der Fussscheibe, sich festkleben kann, am vordern Ende dagegen die Mundöffnung trägt, welche in einen einfachen Hohlraum im Innern des Thieres, den Magen, führt. Der Mund ist umstellt von einem Kranz langer Tentakeln, welche zum Ergreifen der Beute (besonders kleiner Crustaceen) dienen; dieselben sind Ausstülpungen der Körperwand und ermöglichen es, an letzterer zwei Theile zu unterscheiden, das innerhalb des Kranzes gelegene Peristom und das die Seitenwand bildende Mauerblatt.

Bau des Hydroidpolypen.

Hydra hat nur zwei Körperschichten, das den Magen auskleidende, mit Geisseln versehene Entoderm und das die Körperoberfläche bedeckende Ectoderm. Zwischen beiden liegt die Stützlamelle, eine structurlose Membran, welche keine Zellen enthält und daher auch



Fig. 162 a. Hydra viridis, oben mit einem Kranz von Hoden, tiefer mit einer Ovarialanschwellung.

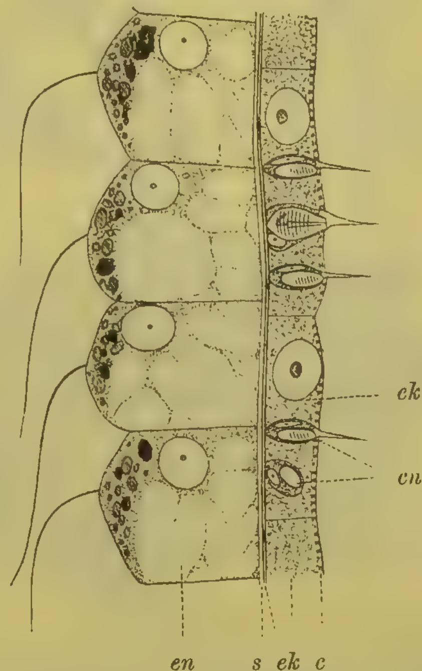


Fig. 162 b. Körperschichten von Hydra (nach F. E. Schulze aus Hatschek). *en* Endoderm, *s* Stützlamelle, *ek* Ektoderm mit Cuticula *c* und Nesselkapseln *cn*.

nicht als eine besondere Körperschicht gelten kann. Jede der beiden Körperschichten besteht aus einer Lage Epithelmuskelzellen, welche an ihrer Basis im Ectoderm longitudinale, im Entoderm circuläre, glatte Muskelfasern gebildet haben. Im Ektoderm lagern ferner Ganglienzellen, Nesselzellen und Geschlechtszellen. Die Nesselzellen drängen sich in grösserer Menge an den Tentakeln zu kleinen, mit Cnido-

cils bedeckten Wülsten zusammen. Die Geschlechtszellen erzeugen — indessen nur zu bestimmten Zeiten — im Ectoderm umschriebene Höcker: dicht unter den Tentakeln einen Kranz von Hoden, etwas tiefer die Eierstöcke (Fig. 162 a.)

Häufiger als in Geschlechtsreife findet man die Süsswasserpolypen in ungeschlechtlicher Vermehrung durch Knospung (Fig. 87, cfr. S. 110). Am Mauerblatt entstehen kleine Ausstülpungen, welche sich vergrössern und eigene Tentakeln und eine eigene Mundöffnung erhalten. Indem Mutterthier und Knospe, ehe sie auseinandergehen, sich weiter vermehren, kann eine kleine Colonie entstehen, welche jedoch nur kurzen Bestand hat und durch Abschnürung der Einzelthiere aufgelöst wird.

Coloniebildung.

Im Meere giebt es nun zahlreiche Hydroidpolypen, welche der Hauptsache nach mit unserer Hydra übereinstimmen, in zwei wichtigen Punkten sich aber unterscheiden: 1. sie erzeugen selbst keine Geschlechtsorgane mehr; 2. sie bilden mit wenigen Ausnahmen dauernd Colonien oder Stöcke. (Fig. 163). Durch die Stockbildung wird eine Reihe von Einrichtungen veranlasst, die besondere Bezeichnungen nöthig gemacht haben. Die einzelnen Thiere einer Colonie nennt man Hydranthen; sie hängen durch das Coenosark unter einander zusammen, ein System von Röhren, welche wie die Hydranthen aus Entoderm, Stützlamelle und Ectoderm bestehen und, da sich auch der Hohlraum des Magens in sie hinein fortsetzt, eine gleichmässige Vertheilung der Nahrung in der Colonie bewirken. Die Coenosarkröhren können auf der Unterlage (Fels, Pflanzen, Schneckenschalen, Krebspanzer) hinkriechen und ein Geflecht, die Hydrorhiza, erzeugen, oder sie steigen baumartig verästelt auf (Hydrocaulus); meist hat dieselbe Colonie sowohl Hydrorhiza wie Hydrocaulus.



Fig. 163. Campanularia Johnstoni. *a* Hydranthen mit Hydrotheca, *b* im zurückgezogenen Zustand, *d* Hydrocaulus, *f* Gonotheca mit Medusenknospen, *g* abgelöste Meduse (nach Allman).

Der Colonie wird die nöthige Festigkeit durch das Periderm geliefert, eine cuticulare Ausscheidung des Ectoderms, welche zu einer festen Röhre erstarrt. Bei einem Theil der Hydroiden (Fig. 164) hört die Peridermbekleidung an der Basis der Hydranthen auf, bei einem anderen Theil erweitert sie sich zu einer weitmündigen Glocke, in welche der Hydranth bei drohender Gefahr sich zurückziehen kann, die Hydrotheca. (Fig. 165.) Selten ist das Periderm in dicken Schichten abgelagert, welche verkalken und dadurch an die Skelete der echten Corallen erinnern; es entstehen dann massige oder zierlich verästelte Kalkstöcke mit Oeffnungen, aus denen die Polypen hervortreten. (Fig. 166.)

Bau der Meduse.

Der Mangel der Geschlechtsorgane, durch welchen sich die marinen Hydroiden von unserer Süsswasserhydra unterscheiden, erklärt sich

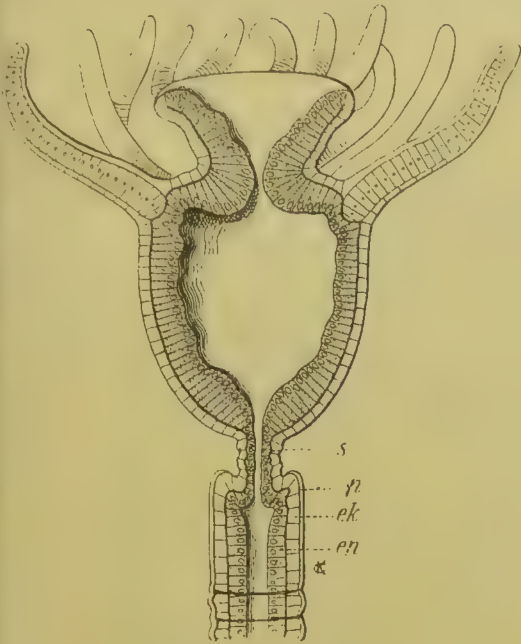


Fig. 164. Eudendrium ramosum.

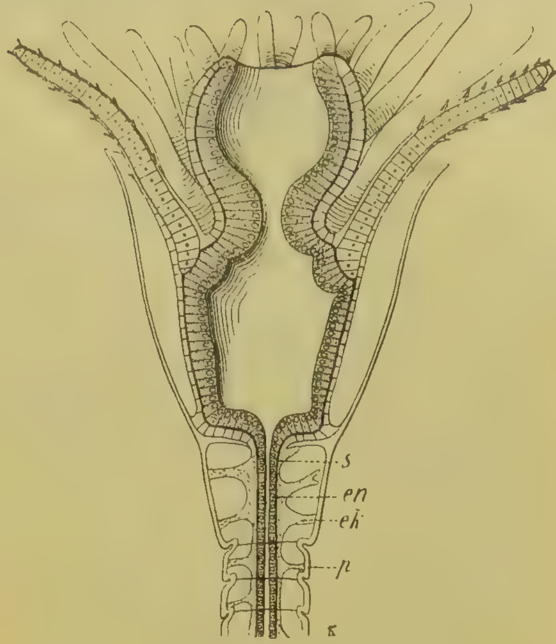


Fig. 165. Campanularia geniculata.

Für beide Figuren gelten: *en* Entoderm, *ek* Ektoderm, *p* Periderm, *s* Stützlamelle.

aus dem Umstand, dass ebenfalls auf dem Wege der Knospung von der Colonie aus besonders gestaltete Geschlechtsthiere erzeugt werden, welche sich frühzeitig ablösen und frei herumschwimmen; das sind die Medusen. (Fig. 167, 168.) Dieselben haben die Gestalt von hochgewölbten oder fast scheibenartig flachen Glocken und bestehen vorwiegend aus einer ausserordentlich wasserreichen Gallerte. Die Gallertglocke, der Schirm der Meduse, ist allseitig von Ectodermepithel bedeckt, sowohl auf der concaven Seite, Subumbrella, wie auf der convexen Wölbung, Exumbrella. Am Schirmrand ragen beide Epithelschichten noch etwas weiter hervor, sind hier nur von einer Stützlamelle gestützt und erzeugen einen den Schirmrand umfassenden Saum, das systematisch bedeutungsvolle Velum oder Craspedon. Am Schirmrand selbst, also oberhalb des Velum, entspringen auch die Tentakeln: 4, 8 oder Vielfache dieser Zahlen.

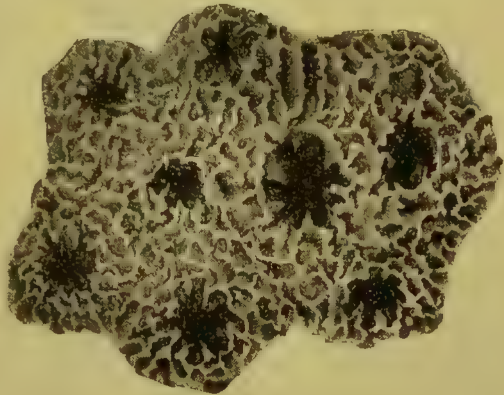


Fig. 166. Millepora alcicornis, ein Stück des Skelets schwach vergrössert (nach Agassiz).

Vergleichbar dem Schirmstiel oder Glockenklöppel hängt in den Glockenraum vom höchsten Punkt der Wölbung aus der Magen herab; an seinem unteren Ende trägt er die Mundöffnung, an seinem oberen Ende sendet er die Radialcanäle aus, welche auf der subumbrellaren Seite der Glocke verlaufen und am Glockenrand mittelst des Ringcanals zusammenhängen; ihre Zahl beträgt bei jungen Medusen nur 4,

steigert sich aber bei manchen Arten im Laufe der Entwicklung auf mehr als Hundert. Magen und sämmtliche bisher genannte Canäle sind von einem entodermalen Geisselepithel ausgekleidet, welches sich auch in die Tentakeln hinein fortsetzt und deren Axe liefert.

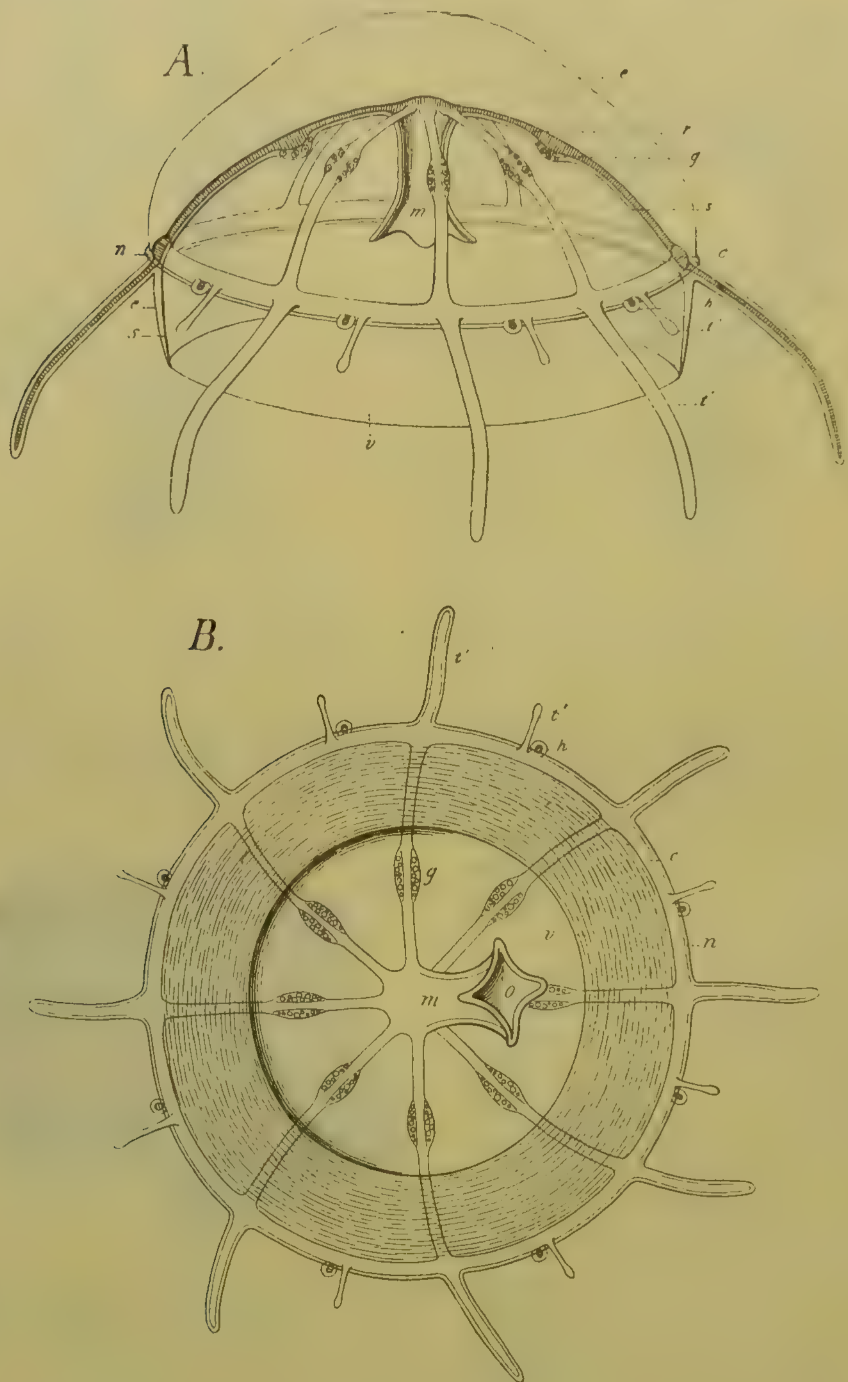


Fig. 167. Rhopalonema velatum (etwas schematisirt). *A.* seitlich, *B.* von unten gesehen. *e* Exumbrella, *s* Subumbrella, *m* Magen, *r* Radialcanäle, *c* Ringcanal, *t* Tentakeln, *t'* erster, *t''* zweiter Ordnung, *g* Geschlechtsorgane, *h* Hörbläschen, *n* Nervenring, *v* Velum.

Alle wichtigeren Organe bilden sich aus dem Ectoderm. Hoden oder Eierstöcke, entstehen bei manchen Arten im Magenectoderm (Fig. 168), bei andern im ectodermalen Ueberzug der Radialcanäle (Fig. 167); beidesmal bilden sie ansehnliche, häufig schön roth oder

orange gefärbte Verdickungen dieser Organe. — Ectodermale Längsmuskeln verleihen den Tentakeln die schlangenartige Beweglichkeit, welche den an das Medusenhaupt erinnernden Namen veranlasst hat; circuläre, stets quer gestreifte Muskeln, welche auf der subumbrellaren Seite von Glocke und Velum verlaufen, bedingen die charakteristischen Bewegungen der Meduse; durch ihre Contraction wird die Glocke stärker gewölbt und verengt; das Velum, sonst schlaff herabhängend (Fig. 167 a), springt dann diaphragmaartig in die Glockenmündung vor (Fig. 167 b). Indem dabei Wasser ausgepresst wird, schwimmt die Meduse durch Rückstoss mit der Glockenwölbung voran.

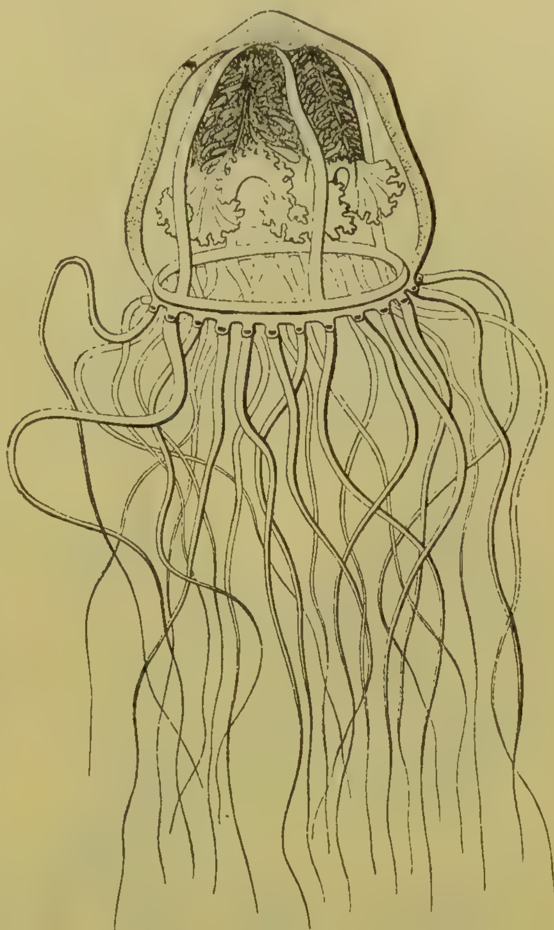


Fig. 168. Tiara pileata (aus Hatschek nach Haeckel).

Die Ringmuskelschichten des Velum und der Subumbrella werden durch einen Zwischenraum unterbrochen, welcher für das Centralorgan der Meduse, den Nervenring, reservirt bleibt. Mit dem Nervenring hängen Sinnesorgane, die Randkörper, zusammen, einfachste Augen, rothe Pigmentflecke mit oder ohne Linse (Fig. 78 S. 99) und offene oder geschlossene Hörbläschen (Fig. 169). Tastborsten stehen besonders reich auf den Tentakeln.

Die Gehörorgane zeigen zweierlei Typen, welche beide als offene Gehörorgane beginnen und sich zu geschlossenen Hörbläschen vervollkommnen. Der eine Typus findet sich bei den *Trachymedusen*, der andere bei den *Leptomedusen*. Die Gehörorgane der *Trachymedusen*, die Hörkölbchen, sind modificirte Tentakeln; die entodermale Tentakelaxe bildet die Otolithen, der ectodermale Ueberzug die Sinneszellen. Die Hörkölbchen sitzen bei den Aeginiden (Fig. 169 *A*) auf Hörpolstern, ragen im Uebrigen aber frei in's Wasser; sie werden bei den Trachynemiden (Fig. 169 *B*) von Epithel umwachsen und so in unvollkommen geschlossene Bläschen gehüllt; bei den Geryoniden (Fig. 169 *C*) werden die Bläschen geschlossen und sogar in die Tiefe in die Gallerte des Schirms verlagert. Die Gehörorgane der *Leptomedusen*, die velaren Gehörorgane, sind bei manchen Arten noch kleine weitmündige Gruben auf der subumbrellaren Seite des Velum, bei allen übrigen Arten jedoch (Fig. 169 *D*) abgeschnürte Bläschen, indem die Mündung der Grube sich geschlossen hat. Hier sind Sinneszellen und Otolithenzellen beide ectodermaler Herkunft.

Vergleich von Meduse und Polyp.

So sehr sich nun auch die Meduse in ihrem Bau von dem Hydroidpolypen unterscheidet, so führt doch eine genaue vergleichend anatomische und entwicklungsgeschichtliche Untersuchung zu dem Resultat, dass sie nur ein höher entfalteter, an die schwimmende Lebensweise angepasster Hydroidpolyp ist. Um die Meduse auf den Polypen zurück-

zuführen, muss man sich vorstellen, dass die Längsaxe des Polypen sich verkürzt hat und dass dadurch sein cylindrischer Körper zur Scheibenform

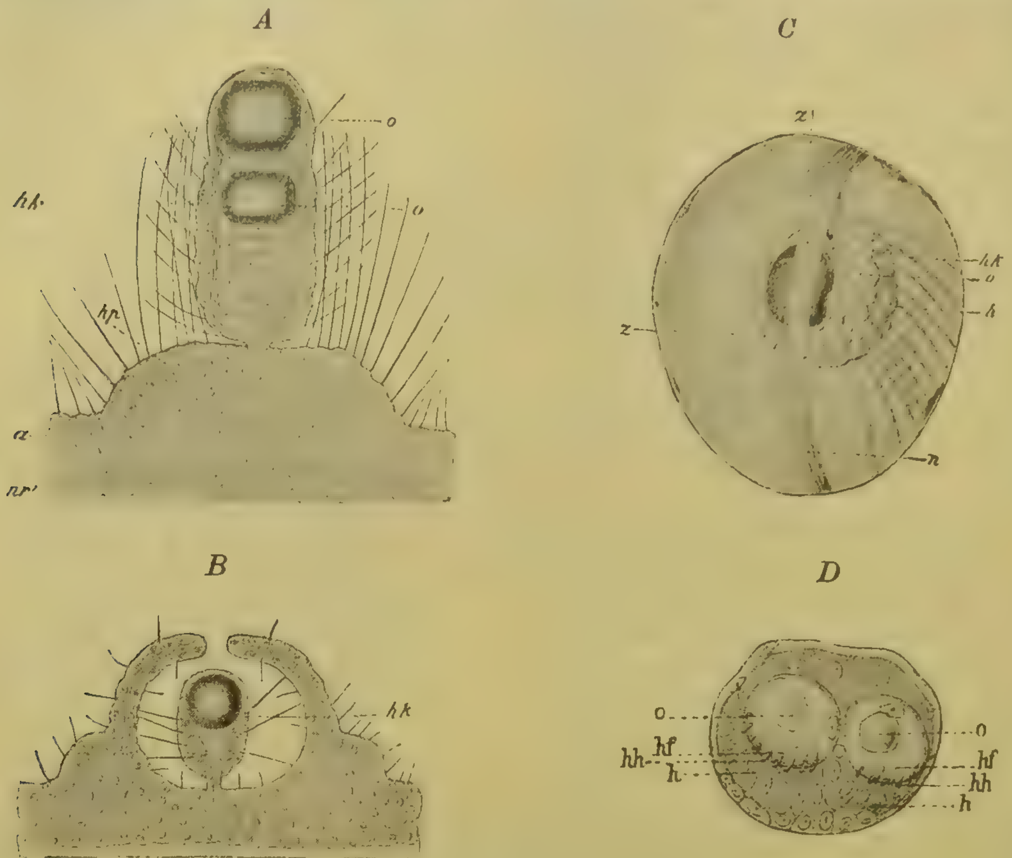


Fig. 169. Gehörorgane von Medusen. *A—C* von Trachymedusen, *D* einer Leptomeduse. *a* Epithel, *h* Hörzellen,, *hh* Hörhaare, *hf* Ursprungsstellen der Hörhaare, *hk* Hörkölbchen, *hp* Hörpolster, *o* Otolithen, *nr* Nervenring. *A* Cunina lativentris, *B* Rhopalonema velatum, *C* Carmarina hastata, *D* Octorchis.

abgeplattet wurde (Fig. 170), dass ferner die Stützlamelle der Fussscheibe und des Mauerblatts zu einer ansehnlichen Gallertschicht verdickt worden ist. Dann erklärt sich leicht die Anordnung des Gastrovascularsystems;



Fig. 170. Vergleich von Polyp und Meduse. *en* Entoderm. *el* Entodermlamelle durch Zusammenpressen der Magenwand entstanden, *ek* Ectoderm, ek^1 der Exumbrella. ek^2 der Subumbrella, ek^3 des Magens, *r* Ringcanal, *s* Subumbrella, *t* Tentakeln, *v* Velum, *x* Gallerte resp. die correspondirende Stützlamelle.

Magen, Ringcanal und Radialcanäle sind die Reste des Hydroidenmagens, dessen Hohlraum durch den Druck der Gallerte in den dazwischen gelegenen Partien verödete. Zu diesen Umgestaltungen treten dann als Neubildungen nur die Sinnesorgane und das Velum hinzu.

Entwicklung.

Die Rückführung der Meduse auf den Bau des Polypen ist für das Verständniss der Entwicklungsgeschichte von Bedeutung. Dieselbe hat gewöhnlich den Charakter eines Generationswechsels. Aus dem Ei einer Meduse entsteht eine Flimmerlarve, welche sich festsetzt, Mundöffnung und Tentakeln entwickelt und durch fortgesetzte Knospung ein Hydroidenstöckchen liefert. Das Hydroidenstöckchen ist die „Amme“; es hat nie Geschlechtsorgane, erzeugt aber auf dem Weg der Knospung die Geschlechtsthiere, die sich ablösenden und frei herumschwimmenden Medusen. Da Polyp und Meduse dem Obigen zufolge morphologisch einander gleichwerthig sind, hat das Hydroidenstöckchen zur Zeit, wo die Loslösung der Medusenknospe noch nicht erfolgt ist, den Charakter einer polymorphen Colonie, bestehend aus Individuen, welche sich nur ungeschlechtlich fortpflanzen (Hydranthen), und aus solchen, welche die geschlechtliche Fortpflanzung übernommen haben (Medusen). So gelangen wir zur Vorstellung, dass der Generationswechsel der Hydroiden durch Arbeitstheilung oder Polymorphismus ursprünglich gleichwerthiger Individuen entstanden ist, indem ein Theil derselben (die Geschlechtsthiere) sich loslöste und einen eigenartigen Bau gewann.

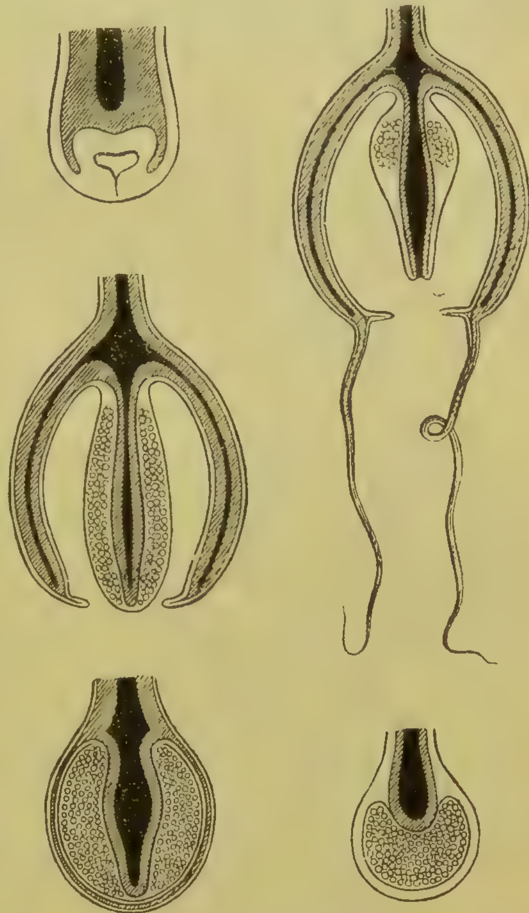


Fig. 171. Zurückführung des Sporosacs auf die Meduse; zu oberst 2 Entwicklungsstadien von Medusen, darunter 3 verschiedengradig rückgebildete Sporosacs (aus Hatschek).

Wie der Generationswechsel aus dem Polymorphismus hervorgegangen ist, so kann er sich auch wieder in denselben zurückverwandeln. Dies geschieht, wenn die Medusen, anstatt sich loszulösen, in der Colonie verbleiben. Sie werden dabei zu den „Sporosacs“ rückgebildet, indem sie stets Mundöffnung, Velum und Tentakeln (Fig. 171) einbüssen, oft auch die Radialcanäle und den Ringcanal, so dass schliesslich nur der Magen (Spadix) und die Geschlechtsorgane übrig bleiben, letztere umhüllt von den Rudimenten des Medusenschirms. Da Medusen und Sporosacs bei nahe verwandten Arten für einander vicariiren, nennt man sie mit einem gemeinsamen Namen „Gonophoren“.

Die Entwicklungsweise der Hydrozoen kann noch nach zwei weiteren Richtungen abändern, indem entweder die Bildung der Medusengeneration oder die der Hydroidengeneration unterbleibt. Im ersteren Falle haben wir Polypen, welche sich sowohl geschlechtlich als unge-

schlechtlich fortpflanzen können, im anderen Falle Medusen, aus deren Eiern direct wieder Medusen entstehen. Im Ganzen ergeben sich somit vier Fälle: 1. Polypen erzeugen, zeitweilig geschlechtlich, zeitweilig ungeschlechtlich, stets nur Polypen, 2. Medusen erzeugen stets nur Medusen, 3. Polypen und Medusen stehen mit einander im Generationswechsel, 4. Polypen und sessile Medusen, d. h. Sporosacs, bleiben in einem polymorphen Thierstock vereint.

Verbreitung und Systematik.

Nach ihrer geograpischen Verbreitung sind die Hydromedusen als marine Thiere zu bezeichnen. Die Hydroidenstöckchen finden sich meist an felsigen Küsten oder in Tiefen bis zu 100 Metern; ja selbst in Tiefen von 7800 Metern sind sie beobachtet worden. Die Medusen gehören der pelagischen Thierwelt an. Als Ausnahmen von der Regel und als ausschliessliche Süsswasserbewohner sind die auch bei uns einheimischen Arten der Gattung Hydra und einige verwandte Arten, ferner eine tropische Meduse, Limnocodium, zu nennen; an der Grenze von Süss- und Salzwasser, im Brakwasser, siedelt sich Cordylophora lacustris an. — Bei der Systematik kann man sowohl die Hydroidenform wie die Medusenform zu Grunde legen. Bei ausschliesslicher Berücksichtigung der Hydroiden kommt man zu vier Gruppen.

1. *Hydrarien.* Polypen mit ungeschlechtlicher und geschlechtlicher Fortpflanzung; ohne dauernde Coloniebildung, ohne Periderm, ohne Gonophore. (Fig. 162.)
2. *Tubularien.* Meist coloniebildende Polypen mit Periderm, aber ohne Hydrotheka, Fortpflanzung durch Gonophoren (Medusen oder Sporosacs. (Fig. 88 und 164*a*.)
3. *Campanularien.* Coloniebildende Polypen mit Periderm und mit Hydrotheca; Fortpflanzung durch Gonophoren, welche in besonderen Peridermkapseln, den Gonotheken, eingeschlossen sind. (Fig. 163 und 164*b*.)
4. *Hydrocorallinen.* Coloniebildende Polypen mit massigem, verkalktem, an Corallen erinnerndem Periderm; Fortpflanzung durch Sporosacs, vielleicht ausnahmsweise auch durch Medusen.

Geht man von den Medusen aus, so erhält man ebenfalls vier Gruppen:

1. *Anthomedusen.* Geschlechtsorgane in den Wandungen des Magens; keine Gehörorgane, meist aber Augenflecke; Hydroidengeneration vorhanden.
2. *Leptomedusen.* Geschlechtsorgane an den Radialkanälen; velare Gehörorgane; Hydroidengeneration vorhanden.
3. *Trachymedusen.* Geschlechtsorgane an den Radialcanälen; tentakulare Gehörorgane (Gehörkölbchen); Entwicklung direct ohne Hydroidengeneration.
4. *Siphonophoren*: polymorphe, freischwimmende Stöcke von Anthomedusen; Entwicklung ohne Hydroidengeneration.

Da aus obigen beiden Tabellen ersichtlich ist, dass es Medusen ohne Hydroiden und Hydroiden ohne Medusen giebt, so kann ein einheitliches und erschöpfendes System nur durch gleichmässige Berücksichtigung beider Formen gewonnen werden. Hierbei ergiebt sich, dass die Anthomedusen mit den Tubularien, die Leptomedusen mit den Campanularien zusammenfallen, da die jedesmaligen Medusen und Polypen im Generationswechsel stehen; dazu kommen zwei Gruppen ohne Medusen,

Hydrarien und Hydrocorallinen, und zwei Gruppen ohne Hydroiden, Trachymedusen und Siphonophoren, so dass wir sechs Ordnungen zu besprechen haben.

I. Ordnung. Hydrarien.

Aus der Gruppe der Hydrarien kannte man lange Zeit über nur die Süsswasserpolypen, die verschiedenen, meist kosmopolitischen Arten der Gattung *Hydra.* Den grössten Theil des Jahres über pflanzen sich die Thiere ungeschlechtlich durch Knospung fort (Fig. 87), nur zu gewissen Zeiten erhalten sie Geschlechtsorgane (Fig. 162). Die Eier bleiben während der Furchung und der Keimblattbildung mit dem Mutterthier in Verbindung, bilden dann eine feste Embryonalschale und fallen ab, um so vor Unbilden geschützt während Trockenheit oder Frost die Existenz der Art zu sichern; in diesem „Cystenzustand" können sie auch durch Wind oder Wasservögel verschleppt werden. *Hydra grisea* L., grössere bräunliche Form; *H. viridis* L., durch Symbiose mit Algen grün gefärbt. — In der Neuzeit sind noch weitere Hydrarien des Süsswassers bekannt geworden: das auf Sterleteiern schmarotzende, noch weiterer Untersuchung bedürftige *Polypodium hydriforme* Ussow und die tentakellose *Protohydra Ryderi* Potts.

II. Ordnung. Hydrocorallinen.

Die Hydrocorallinen kommen ausschliesslich im Meere vor und bilden hier Colonien von vielen Tausenden von Individuen, deren massives Kalkskelet so sehr an die Skelete echter Corallen erinnert, dass man die hierher gehörigen Familien der weisslichen *Milleporiden* und rosenfarbenen *Stylasteriden* für echte Corallen erklärte, bis man mit den lebenden Einzelthieren bekannt wurde. *Stylaster roseus* Gray. *Millepora alcicornis* L.

III. Ordnung. Tubulario-Anthomedusen.

Als Regel gilt, dass die mit Periderm versehenen, aber der Hydrotheca entbehrenden, fast ausnahmslos coloniebildenden Polypen (Fig. 88, 164) freibewegliche Anthomedusen erzeugen. Letztere sind, abgesehen von ihren magenständigen Geschlechtsorganen und dem Mangel der Hörbläschen meist schon an ihrer hochgewölbten Glocke zu erkennen (Fig. 168); auch sind sie häufig mit Ocellen ausgerüstet (Ocellaten). Daneben kommt es vor, dass die Medusen als Sporosacs in der Colonie verbleiben. So erzeugt in derselben Familie der *Tubulariden* die *Corymorpha nutans* Sars Medusen, die *Tubularia larynx* L. Sporosacs — Alle hierher gehörigen Arten sind marin; eine Ausnahme macht *Cordylophora lacustris* Allm., ein reich verzweigtes Stöckchen mit Sporosacs; von Haus aus ein Brackwasserbewohner, dringt das Thier allmählich in's Süsswasser vor.

IV. Ordnung. Campanulario-Leptomedusen.

Von den Repräsentanten der vorigen Ordnung sind die Thiere leicht zu unterscheiden, die stets ansehnliche Colonien bildenden Hydroiden vermöge der Anwesenheit der Hydrotheca (Fig. 163, 165), die Medusen vermöge ihres flach gewölbten Schirms, der velaren Hörbläschen und der Lage der Geschlechtsorgane an den Radialcanälen. Eine Besonderheit der Gruppe sind die Gonotheken, geschlossene Peridermhüllen, innerhalb deren die Gono-

phoren an einem besonderen mund- und tentakellosen Polypen, dem Blastostyl (Fig. 163 f) entstehen. Die typischen *Campanulariden* erzeugen Medusen, so die *Campanularia Johnstoni* Johnst. die *Eucope variabilis* Claus. Bei den *Sertulariden* und *Plumulariden* finden sich dagegen Sporosacs. *Sertularia abietina* L. *Plumularia pinnata* Lam.

V. Ordnung. Trachymedusen.

Die *Trachymedusen* gleichen den *Leptomedusen* nicht nur in ihrer Gestalt, sondern auch im Besitz von Hörbläschen und in der Lagerung der Geschlechtsorgane an den Radialcanälen. Indessen entstehen ihre Hörorgane nicht aus dem Velum, sondern sind umgewandelte Tentakeln, also ganz andere Gebilde. Dazu kommt als wichtigster Unterschied der Mangel des Generationswechsels, die directe Entwicklung der Meduse. Dies gilt besonders von *Trachynemiden* und *Geryoniden: Rhopalonema velatum* Ggbr. und *Carmarina hastata* H., während bei den auch sonst abweichend gebauten *Aeginiden (Narcomedusen)* einige Medusen wenigstens von parasitisch lebenden Ammen durch Knospung erzeugt werden. *Cunina parasitica* Metschn.



Fig. 172. Schema einer Siphonophore (aus Lang). *sb* Luftkammer, *sg* Schwimmglocke, *ds* Deckstücke, *t* Tentakeln, *go* Gonophoren, *hy* Fresspolypen, *p* Taster, *st* Stamm, *A—H* verschiedene Arten der Ausbildung und der Gruppirung der Individuen.

VI. Ordnung. Siphonophoren.

Die Siphonophoren sind Colonieen, welche zu den herrlichsten Repräsentanten der pelagischen Thierwelt gehören und ihrem Aussehen nach sich am besten mit Blumenguirlanden vergleichen lassen. Wie eine Guirlande aus Blumen und Blättern besteht, die an einem Faden aufgereiht sind, so besteht eine Siphonophore aus zahllosen, theils glasartig durchsichtigen, theils farbigen Einzelthieren, die von einem gemeinsamen Strang entspringen. (Fig. 172, 173.) Der Strang, die Coenosarkröhre oder der Stamm, ist äusserst muskulös und enthält im Innern einen von Entoderm ausgekleideten Centralcanal, ein Nahrungsreservoir, von dem aus die Einzelthiere der Colonie gespeist werden. Sein vorderes Ende umschliesst bei den meisten Arten ein abgeschlossenes, mit Luft gefülltes Säckchen, die Luftkammer, welche als hydrostatischer Apparat functionirt und die senkrechte Stellung der Colonie im Meere bedingt.

Die von der Coenosarkaxe entspringenden Einzelthiere dienen verschiedenen Functionen und sind in Folge dessen auch verschieden ge-

baut. Unmittelbar auf die Luftkammer folgen gewöhnlich mehrere Reihen von Schwimmglocken, Thiere, welche von der Organisation der Meduse nur das zur Fortbewegung Nöthige, Glocke und Velum (Fig. 172 *sg*), ausserdem die zur Ernährung dienenden, vom Coenosarkrohr aus versorgten Ring- und Radialcanäle bewahrt haben. Die anschliessenden, zum Schutz dienenden, medusenartigen Thiere, die Deckstücke (*ds*), sind feste Gallertplatten und haben auch den Ringcanal, die Muskulatur und die Glockengestalt der Meduse eingebüsst. Zur Ernährung des Ganzen dienen besondere Polypen mit trompetenartig erweiterter Mundöffnung, die Fresspolypen (*hy*), welche die Nahrung mittelst ihrer grossen Massen von Drüsenzellen verdauen (Leberstreifen) (cfr. auch Seite 82, Fig. 54) und durch Vermittlung des Coenosarkrohrs allen übrigen Individuen des Stocks zuführen. Sie besitzen an ihrer Basis den Fang-

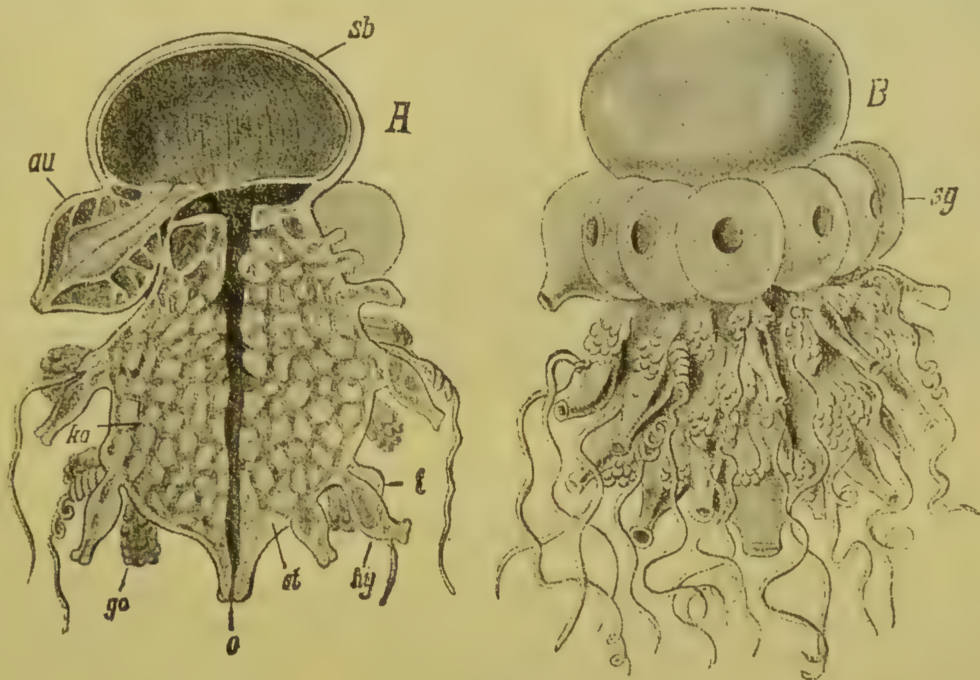


Fig. 173. Stephalia corona (nach Haeckel aus Lang). *A* Der Länge nach halbirt, *B* Ansicht des ganzen Thieres, *sb* Luftkammer mit (*au*) zuleitendem Canal; *sg* Schwimmglocken, *go* Gonophoren, *ka* Canalsystem des Stammes (*st*) *o* Mundöffnung des Stammes, *hy* Fresspolypen, *t* Tentakeln.

faden (*t*), einen langen, muskelreichen Strang, von welchem seitlich feine Fäden, die Senkfäden, herunterhängen. Die Senkfäden enden mit buntgefärbten Anschwellungen, welche Nesselköpfe heissen, da sie aus dicht gedrängten, auffallend grossen Nesselkapseln bestehen; sie sind der Grund, weshalb alle Siphonophoren nesseln, manche in so empfindlicher Weise, dass sie wegen der ausgedehnten Verbrennungen, die sie erzeugen, selbst von den Menschen gefürchtet werden. Ebenfalls an Polypen erinnern die Taster (*p*), mundlose geschlossene Schläuche, welche durch ihre grosse Reizbarkeit und Beweglichkeit ausgezeichnet sind. Von allen Thieren der Colonie entwickeln sich endlich am spätesten die meist prächtig gefärbten Geschlechtsthiere. Sie gleichen den Gonophoren der Tubularien, verbleiben meist als mehr oder minder rückgebildete Sporosacs in der Colonie und lösen sich nur äusserst selten als kleine tentakellose Anthomedusen (Chrysomitren) ab.

Dem Gesagten zu Folge sind die Siphonophoren ein ausgezeich-

netes Beispiel für Arbeitstheilung und den dadurch bedingten Polymorphismus der Individuen; letzterer kann innerhalb der Ordnung einen so hohen Grad erreichen, dass manche Siphonophoren durchaus den Eindruck einheitlicher Individuen mit einer Vielheit von Organen machen.

1. *Calycophoreen* (*Calyconecten*). Keine Luftflasche, vorderes Ende der Colonie durch 1—2 grosse Schwimmglocken eingenommen (vergl. Fig. 106, S. 131); die übrigen Individuen sitzen in Abständen von einander zu kleinen Gruppen vereint, welche häufig vor Eintritt der Geschlechtsreife sich ablösen und eine Zeit lang — früher unter dem Namen *Eudoxien* als selbständige Thiere beschrieben — herumschwimmen. *Praya maxima* Ggbr.

2. *Physophoreen* (*Physonecten*). Luftflasche vorhanden, aber klein; auf die Luftflasche folgt eine Säule von Schwimmglocken, dann die übrigen Individuen der Colonie. *Physophora hydrostatica* Forsk, *Apolemia uvaria* Less. äusserst schmerzhaft nesselnd.

3. *Physaleen* (*Cystonecten*). Luftflasche stark vergrössert, füllt den gesammten Coenosarkcanal aus, auf dessen untere Seite der Ursprung der Einzelthiere beschränkt bleibt. Die Thiere schwimmen stets an der Oberfläche des Wassers und treiben, zum Theil über den Wasserspiegel hervorragend, wie Segel vor dem Wind. *Physalia arethusa* Til.

Den bisher genannten Formen werden vielfach unter dem Namen *Disconanthen* als eine vollkommen abweichende Gruppe gegenübergestellt: *Velella spirans* Esch. und *Porpita mediterranea* Esch., Luftflasche eine chitinöse Scheibe mit concentrischen Luftcanälen.

II. Unterclasse.

Scyphomedusen.

Die Scyphomedusen bilden eine Parallelgruppe zu den Hydromedusen, insofern sie sich ebenfalls häufig durch Generationswechsel entwickeln. Die Amme ist der Scyphopolyp oder das Scyphostoma, das Geschlechtsthier die acraspede Meduse. Im Gegensatz zu den Hydromedusen spielt jedoch die Amme, der Scyphopolyp, eine untergeordnete Rolle; er ist bei den verschiedensten Arten sehr gleichförmig gebaut und kommt häufig sogar ganz in Wegfall, während die Medusengeneration sehr mannichfaltig gebaut und stets wohl entwickelt ist. Wenigstens ist zur Zeit kein Fall bekannt, dass bei den Scyphomedusen die Meduse vermisst würde oder die rudimentäre Gestalt eines Sporosacs annähme.

Bau des Scyphostoma.

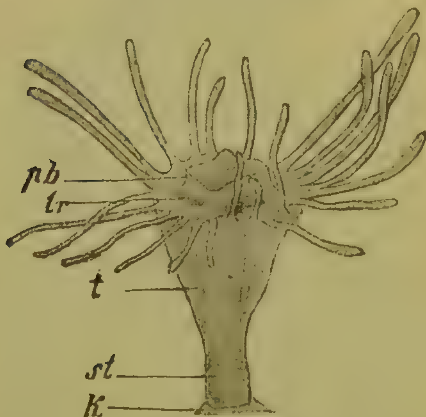


Fig. 174. Scyphostoma von Aurelia aurita (aus Korschelt—Heider) *pb* Peristomrüssel, *tr* trichterförmige Einsenkungen des Peristoms, *t* Gastralfalten, *st* Stiel, *k* Peridermnapf.

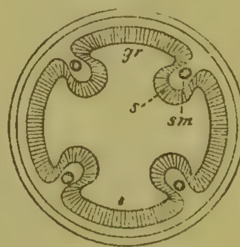


Fig. 175. Querschnitt durch ein Scyphostoma (aus Hatschek). *gr* Magen, *s* Gastralfalten, *sm* Muskel in demselben.

Das Scyphostoma (Fig. 174, 175) hat eine äussere Aehnlichkeit mit unserer Süsswasserhydra, unterscheidet sich aber von ihr äusserlich durch einen kleinen Peridermnapf, in welchem das

hintere Ende festsitzt, innerlich hauptsächlich durch 4 Längsfalten, welche in den Magen hineinragen und von dem hinteren Ende bis zum Rand der Mundöffnung reichen. Diese „Gastralfalten“ oder „Septen“ geben sich auf Querschnitten als kleine von einem Fortsatz der Stützlamelle gestützte Entodermfalten zu erkennen; sie sind morphologisch wichtig, indem sie bei der Knospung der Medusen die Gastraltentakelchen derselben liefern, ferner als erste Anlage des bei den Anthozoen so hoch entwickelten Septensystems.

Bau der Medusen.

Die acraspeden Medusen, meist grosse, $^1/_4$—1 Fuss oder darüber messende Thiere, besitzen einen flach gewölbten Schirm von oft knorpelartiger Consistenz; sie unterscheiden sich von den Craspedoten äusserlich sofort durch die Einkerbungen des Schirmrands, welche die Schirmperipherie in Lappen abtheilen. Wenn wir uns zunächst an die gewöhnlichen Formen halten, so sind mindestens 8 Lappen vorhanden (Fig. 176, 177), von denen ein jeder wieder tief eingekerbt ist, in dieser Kerbe einen Sinneskörper trägt und daher Sinneskörperlappen heisst. Die 8 Sinneskörperlappen (Fig. 177 I u. II) schliessen bei manchen Medusen dicht aneinander; bei anderen werden sie durch eine „intermediäre“, ebenfalls gekerbte und gelappte Strecke von einander getrennt und sind dann oft nur durch genaue Untersuchung herauszufinden (Fig. 178). In den Kerben zwischen den Sinneskörperlappen oder in den Kerben der intermediären Strecke entspringen die Tentakeln, sofern sie nicht rückgebildet sind.

Durch die

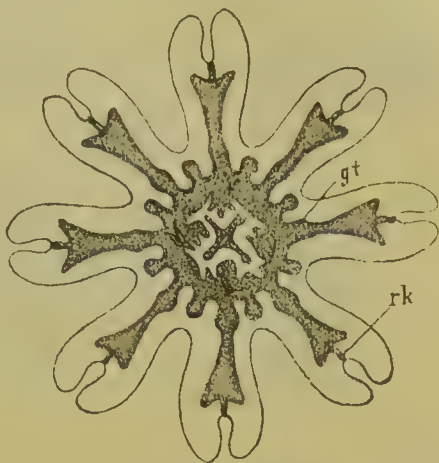


Fig. 176. Ephyra von Cotylorhiza tuberculata *gt* Gastraltentakelchen, *rk* Randkörper (nach Claus).

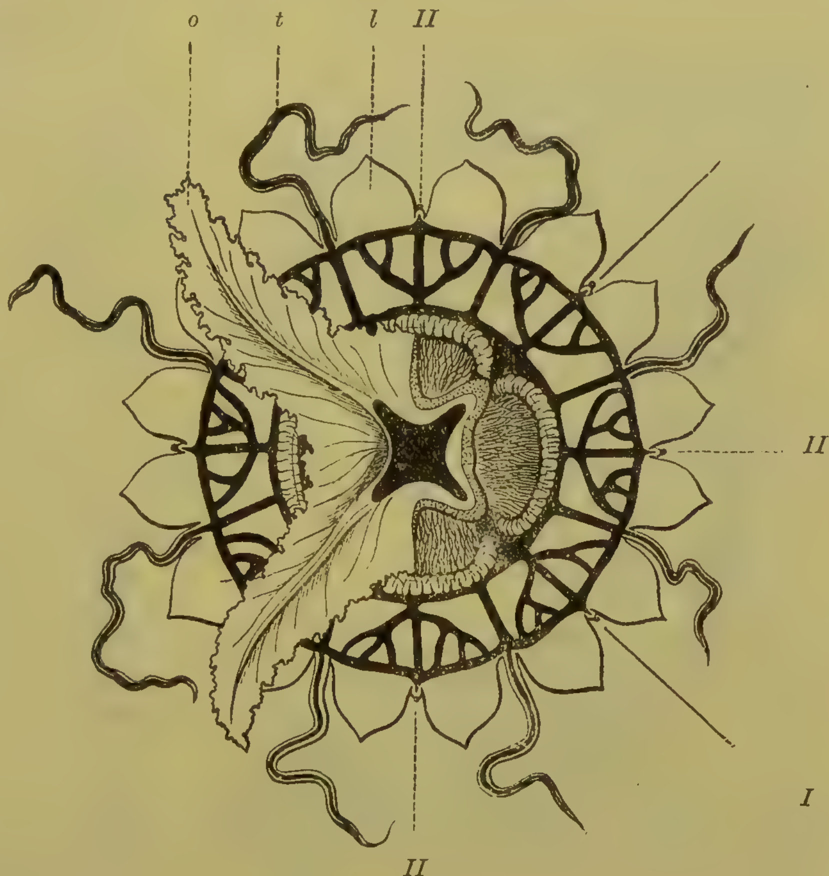


Fig. 177. Ulmaris prototypus (aus Hatschek). *I* Perradien (erster Ordnung), mit den Mundarmen (*o*), welche rechts entfernt sind, *II* Interradien (zweiter Ordnung), in ihnen liegen die Geschlechtsorgane, *t* Tentakeln bezeichnen die Adradien, *l* Randlappen.

Sinneskörper werden im Körper der Meduse 8 Hauptradien gekennzeichnet, von denen 4 die Perradien, 4 mit ihnen alternirende die Interradien heissen (Fig. 176). Adradien endlich nennt man Linien, welche die Winkel der Hauptradien halbiren.



Fig. 178. Polyclonia frondosa in seitlicher Ansicht, daneben ein Mundarm von unten, um die Verästelungen zu zeigen; *d* die Endläppchen, welche die kleinen Oeffnungen tragen, welche in die zum Darm leitende, canalartig geschlossene Armrinne (*s*) führen (nach Agassiz).

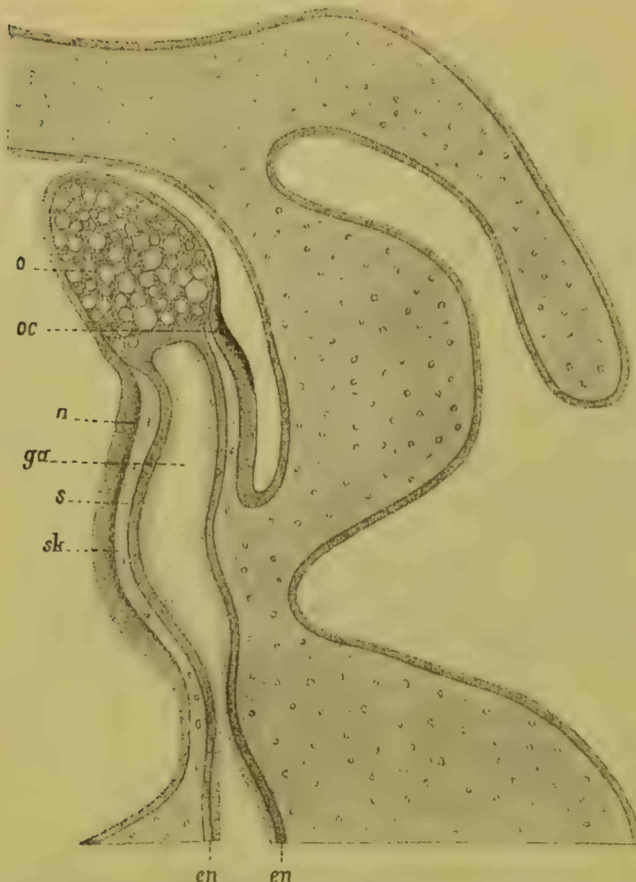


Fig. 179. Randkörper von Aurelia aurita. *o* Otolithen, *oc* Auge, *n* Nervenschicht, *ga* Gastralcanal, *s* Stützlamelle, *en* Entoderm, *sk* Sinneskörper.

Die Lappung des Schirmrands übt einen fundamentalen Einfluss auf alle übrigen Organe aus; zunächst bedingt sie den Mangel des Velum, welches functionell durch eine dicke circuläre Muskelmasse (Fig. 83 *m*, S. 104) auf der Subumbrella des Schirms ersetzt wird; daher der Name „*Acraspeden*“. Anstatt eines Nervenrings finden sich 8 getrennte Nervencentren, die schon genannten Sinneskörper, welche vollkommen den Bau von Tentakeln (Fig. 179) besitzen und somit aus einer entodermalen Axe und einem ectodermalen Ueberzug bestehen. Erstere schwillt an ihrem Ende stets zu einem Otolithensäckchen an, in letzterem liegt ein dickes Polster von Nervenfasern und Ganglienzellen, ab und zu auch ein Pigmentfleck, ein ein-

fachstes Auge. Minder deutlich ist der Einfluss der Lappung auf die vegetativen Organe. Das Gastrovascularsystem beginnt mit der kreuzförmig gestalteten Mundöffnung; die Ecken des perradial gestellten Kreuzes sind meist in lange, wie Fahnen aus dem Schirm herabhängende Mundarme (Fig. 177) verlängert, welche zum Ergreifen der Nahrung viel wichtiger sind, als die häufig verkümmerten Randtentakeln. Der an die Mundöffnung schliessende Magen bildet alternirend mit den Mundarmen, d. h. interradial 4 Aussackungen, die Gastrogenitaltaschen. Das Epithel derselben erzeugt einerseits eine Gruppe kleiner, in der Axe von Gallerte gestützter, äusserst beweglicher „Gastraltentakelchen", andererseits die krausenartig gefalteten Bänder der Geschlechtsorgane, welche somit ganz im Gegensatz zu den Hydromedusen entodermaler Herkunft sind. Vom Magen und seinen Aussackungen entspringt der periphere Theil des Gefässsystems. Bei allen Medusenlarven, den Ephyren (Fig. 176), vielfach auch bei erwachsenen Thieren, verlaufen 8 radiale Taschen zu den 8 Randkörpern, dazwischen 8 weitere (adradiale) Taschen zu den Tentakeln, falls letztere vorhanden sind. Indessen wird diese primitive Anordnung häufig durch ein complicirtes Gefässnetz ersetzt (Fig. 177).

Entwicklungsgeschichte.

Bei der Darstellung der Fortpflanzung der Scyphomedusen gehen wir von den Formen mit Generationswechsel aus (Fig. 180). Die aus dem Ei der Meduse entstandenen Flimmerlarven setzen sich fest und werden zu Scyphostomen, welche stets zu terminaler, häufig auch zu lateraler Knospung befähigt sind. Durch laterale Knospung bilden sich immer nur neue Scyphostomen, durch terminale dagegen Medusen. Im letzteren Fall entwickelt sich eine Strobila: durch mehrere hinter einander gelegene ringförmige Einschnürungen zerfällt das vordere Ende des Scyphostoma in scheibenförmige Stücke, die Medusenanlagen, welche zunächst noch nach Analogie eines Tassensatzes in einander stecken. Successive reifen nun die einzelnen Stücke, lösen sich ab und schwimmen als „Ephyren" davon. Die Ephyren haben nur 4 Gastraltentakeln, die abgelösten oberen Enden der 4 Gastralfalten des Scyphostoma; sie besitzen noch keine Randtentakeln, wohl aber die 8 Sinneskörper und

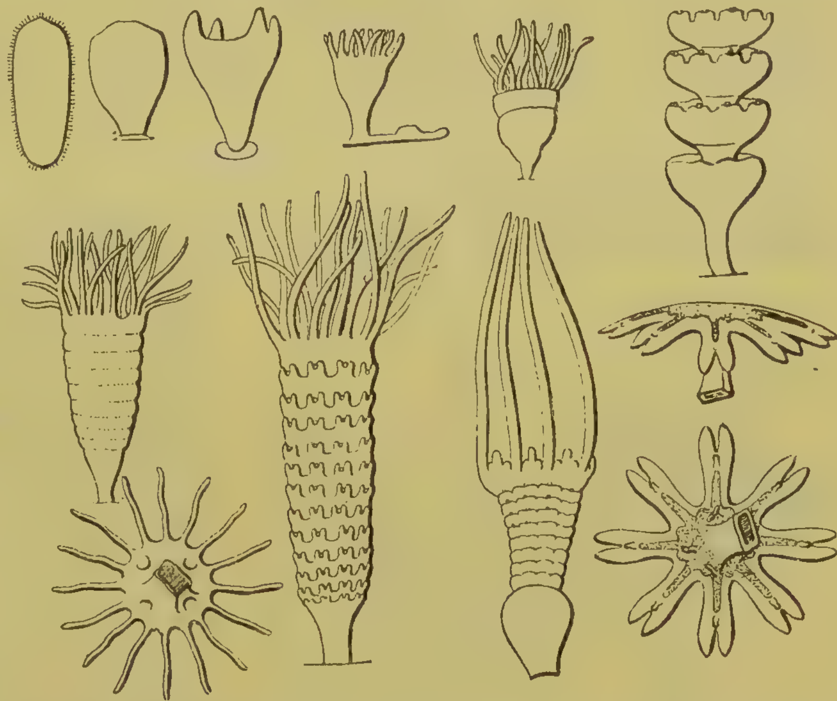


Fig. 180. Entwicklung von Aurelia aurita aus dem Ei. In der ersten Reihe Umbildung der Planula zum Scyphostoma; darunter Scyphostomen in Strobilation (Abschnürung von Ephyren), links ein Scyphostoma vom oralen Pol gesehen, rechts 2 Ephyren in verschiedener Lage (Hatschek).

ihre Lappen. Indem sich die Ephyren somit wesentlich von den geschlechtsreifen Medusen unterscheiden und erst ganz allmählig in dieselben umgewandelt werden, combinirt sich der Generationswechsel der Scyphomedusen mit einer ausgesprochenen Metamorphose. Diese Metamorphose bleibt nun auch dann erhalten, wenn der Generationswechsel, was häufig geschieht, unterdrückt wird; aus dem Ei der Meduse entwickelt sich dann direct eine Ephyra, die sich zur geschlechtsreifen Meduse umwandelt. Dagegen scheint es niemals vorzukommen, dass die Medusengeneration ausfällt, und dass geschlechtsreif werdende Scyphostomen auf geschlechtlichem Wege direct wieder Scyphostomen erzeugen.

Von den bisher besprochenen typischen Scyphomedusen weicht eine Reihe von Formen im Bau und wahrscheinlich auch in der Entwicklungsweise ab; dieselben haben vor Allem höchstens vier Randkörper, während die Stelle der vier übrigen von Tentakeln eingenommen wird. Entweder stehen dann die Randkörper auf gleichen Radien mit den Geschlechtsorganen, d. h. in den Interradien, und die Tentakeln in den dazwischen gelegenen Perradien: *Peromedusen*, oder es ist das Umgekehrte der Fall: *Cubomedusen.* Endlich kommt es auch vor, dass gar keine Randkörper vorhanden sind und ihre Stellen durch acht primäre Tentakeln eingenommen werden oder ganz leer bleiben: *Stauromedusen.* Wir sehen somit, dass Randkörper und Tentakeln für einander vicariiren können; da sie ausserdem im Wesentlichen gleichen Bau besitzen, kann man den Satz aufstellen, dass die Randkörper der Scyphomedusen wie die Hörkölbchen der Trachymedusen umgewandelte Tentakeln sind.

I. Ordnung. Stauromedusen.

Die bekanntesten *Stauromedusen* sind die *Lucernarien,* deren aborales Ende in einen stielartigen Fortsatz, mit welchem sie festsitzen, ausgezogen ist. Die Stellen der 8 Sinneskörper sind durch kleine Tentakelchen oder eigenthümliche Haftapparate eingenommen, die dazwischen gelegenen Strecken in armartige Fortsätze verlängert, an deren Enden Büschel von Tentakeln sitzen. *Lucernaria pyramidalis* H. (Fig. 181.)



Fig. 181. Lucernaria pyramidalis (aus Hatschek).

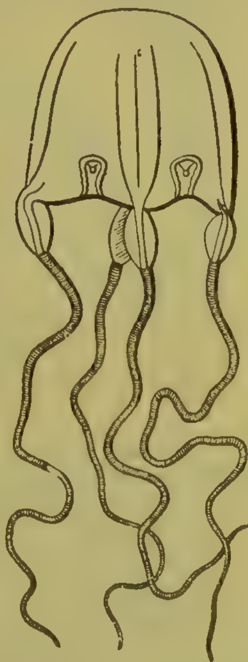


Fig. 182. Charybdea marsupialis (aus Hatschek.)

II. Ordnung. Peromedusen.

Die mit 4 interradialen Sinneskörpern versehenen *Peromedusen* sind Tiefseeformen und waren daher lange ungenügend bekannt; die grösste und am besten untersuchte Form ist die *Periphylla mirabilis* H.

III. Ordnung. Cubomedusen.

Auch die Medusen mit 4 perradialen Sinnesorganen, die *Cubomedusen,* gehören vornehmlich der Tiefsee an; unter ihnen wurde die *Charybdea marsupialis* Pér. et Les. als Bewohnerin des Mittelmeers schon vor längerer Zeit beschrieben. (Fig. 182.)

IV. Ordnung. Discomedusen.

Unter den Scyphomedusen stehen die *Discomedusen* durch den grossen Reichthum an Arten so sehr im Vordergrund, dass wir bei der allgemeinen Besprechung ihren Bau und ihre Entwicklungsweise zunächst allein berücksichtigt haben. Namentlich sind alle an der Oberfläche des Meeres lebenden Acraspeden Discomedusen. Sie werden nach der Beschaffenheit der Mundöffnung eingetheilt. 1. Die *Cannostomen* haben ein vierkantiges Magenrohr ohne Mundarme: *Nausithoë albida* Köll. (Fig. 83 S. 104). 2. Die *Semaeostomen* (Fig. 177) zeigen die Ecken der Mundöffnung in 4 lange Mundarme ausgezogen, welche wie äusserst bewegliche Fahnen aus der Glockenmündung heraushängen. *Aurelia aurita* L., die Ohrenmeduse von Nord- und Ostsee; *Pelagia noctiluca* Pér. et Les. stark meerleuchtend; *Ulmaris prototypus* Hckl. 3. Die *Rhizostomeen* (Fig. 178) haben ebenfalls 4 lange Mundarme; dieselben sind ein- oder mehrmal dichotom verästelt. Mundöffnung und Armfurchen sind durch Verwachsung geschlossen bis auf viele kleine Stomata, die zum Aufsaugen der Nahrung dienen. *Rhizostoma Pulmo* Les.; *Polyclonia frondosa* L. Agas.

III. Classe.

Anthozoen, Corallenthiere.

Die ausschliesslich marinen und im Meer hauptsächlich durch die Corallen und Seerosen vertretenen Anthozoen sind mit wenigen Ausnahmen auf dem Boden festgewachsen und bilden individuenreiche Colonien von oft colossaler Grösse. Sie gleichen hierin den Hydroidpolypen, mit denen sie auch in der Erscheinung der Einzelthiere eine grosse Aehnlichkeit haben. (Fig. 183.) Wie der Hydroidpolyp, so ist auch der Anthozoen- oder Corallenpolyp mit Fussscheibe, Mauerblatt, Mundscheibe und einem Kranz von Tentakeln, welche an dem Uebergang von Mauerblatt und Mundscheibe entspringen, versehen; er unterscheidet sich von ihm durch die grössere Vervollkommnung in der histologischen und organologischen Sonderung. Der Corallenpolyp besitzt ein gut entwickeltes Mesoderm, indem die Stützlamelle der Hydroiden bei ihm durch eine Schicht zellenreichen Bindegewebes ersetzt wird, welches den Thieren zumeist einen derberen, fleischigen Habitus verleiht; vor Allem aber besitzt er einige Einrichtungen, welche den Hydroidpolypen vollkommen fehlen und beim Scyphopolypen nur eben angedeutet sind: das Schlundrohr und die mit den Geschlechtsorganen und Mesenterialfilamenten versehenen Septen.



Fig. 183. Antheomorphe elegans. *S S* Sagittalaxe.

Wir betrachten zunächst das Schlundrohr und seine Beziehungen Schlundrohr.

zu Mundscheibe und Mundöffnung. Der Mund liegt im Centrum der Mundscheibe, ist aber in einer Richtung zu einem Oval oder einer Spalte ausgezogen. Man kann daher — ein Zeichen für die zweistrahlige Symmetrie der Thiere — durch ihn zwei für die Architektonik des ganzen Corallenpolypen wichtige, auf einander senkrechte Durchmesser legen, die in der Längsrichtung der Spalte verlaufende Sagittalaxe (Fig. 183 *s—s*) und die dazu senkrechte Transversalaxe. Von den Mundrändern hängt in das Innere des Thiers das Schlundrohr hinein, ein in transversaler Richtung zusammengepresster Schlauch, der am unteren Ende mit weiter Mündung in den Centralmagen führt. (Fig. 184 *s*.) Entwicklungsgeschichtlich ist das Schlundrohr ein eingestülpter Theil der Mundscheibe; es ist daher mit Ectoderm ausgekleidet; seine untere Mündung ist dem Mund der Hydroidpolypen zu vergleichen.

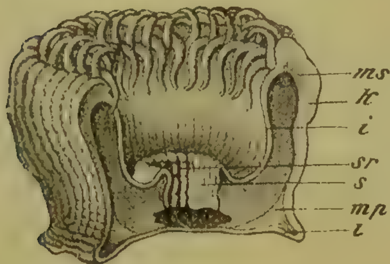


Fig. 184. Paractis excavata. *ms* Ringmuskel, *k* Mauerblatt, *i* Mundscheibe, *s* Schlundrohr, *sr* Schlundrinnen, *mp* Septum, *l* Fussscheibe.

Septen.

Das Schlundrohr wird in seiner Lage befestigt durch radiale Scheidewände, die Septen, welche von Mauerblatt, Fuss- und Mundscheibe ausgehen und an das Schlundrohr herantreten (Fig. 185 a^1). Die Septen springen wie Coulissen in den Centralmagen vor und theilen den peripheren Abschnitt desselben in zahlreiche Nischen, die Radialkammern, welche unterhalb des Schlundrohrs mit dem Centralmagen zusammenhängen, nach oben dagegen abgeschlossen sind und sich hier in das Innere der Tentakeln fortsetzen. Die Tentakeln sind demgemäss Ausstülpungen der Radialkammern und in gleicher Zahl mit ihnen vorhanden. Ausser den „vollständigen Septen", welche das Schlundrohr erreichen, giebt es häufig noch „unvollständige", welche halbwegs mit freiem Rande aufhören.

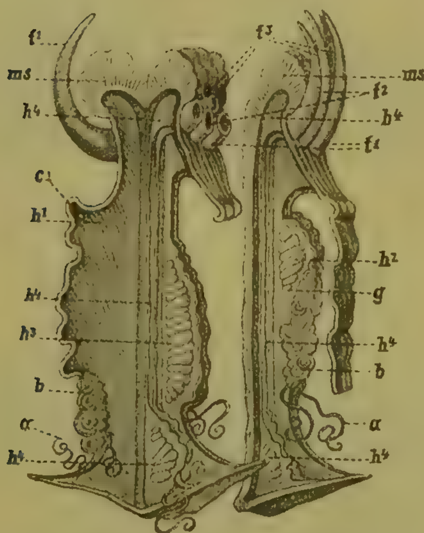


Fig. 185. Cereus spinosus. Keilförmige Längsstücke, herausgeschnitten, um den Unterschied von vollständigen und unvollständigen Septen zu erläutern. h^1 Septen I. Ordnung, h^2, h^3, h^4 unvollständige Septen II., III., IV. Ordnung mit Geschlechtsorganen, t^1—t^4 die zugehörigen Tentakeln, *a* Acontien. *b* Mesenterialfilamente, *g* Geschlechtsorgane, c^1 Septalstoma, *ms* Ringmuskel.

Mesenterialfilamente.

Die Septen sind die Träger einer Anzahl wichtiger Organe: der Mesenterialfilamente, der Geschlechtsorgane und der Muskelfahnen. Die Mesenterialfilamente sind dicke Streifen eines an Drüsen- und Nesselzellen reichen Epithels; sie fassen die Ränder der Septen ein wie eine Schnur den Saum eines Kleides. Da sie viel länger sind als die Septen, zwingen sie die Ränder derselben, sich krausenartig zu falten und gewinnen dadurch einige Aehnlichkeit mit dem vielfach gewundenen, ebenfalls an einem krausenartig gefalteten Mesenterium befestigten Säugethierdarm. Unterhalb der Mesenterialfilamente entspringen bei gewissen Arten noch die Acontien, Fäden, die mit Nessel-

kapseln dicht besetzt sind und zur Vertheidigung, sei es durch die Mundöffnung, sei es durch Poren des Mauerblatts (Cincliden) herausgeschleudert werden. — Die Geschlechtsorgane — nur ausnahmsweise hermaphrodit — liegen einwärts von den Mesenterialfilamenten als bandartige, vielfach gefaltete Verdickungen (Fig. 185 h^2 h^3). Ihre Elemente entstehen wie bei den Scyphomedusen aus dem Entoderm, werden aber frühzeitig in die mesodermale Stützschicht des Septum verlagert (Fig. 186 *o*), von wo sie bei der Reife durch Platzen der Hüllen in den Magen entleert werden. Die Brut verlässt den Magen auf verschiedenen Stadien der Entwicklung, sei es als Planulae (Fig. 189 III), sei es als kleine, mit Tentakeln versehene Thiere. Geschlechtsorgane.



Fig. 186. Querschnitt durch ein Septum von Edwardsia tuberculata. *en* Entoderm, *ek* Ectoderm, *me* Mesoderm, *mf* Muskelfahne, *o* Ovar, *v* Mesenterialfilament.

Für die Morphologie des Corallenpolypen am wichtigsten sind endlich die Muskelfahnen der Septen. Muskeln und Nerven finden sich sowohl im Entoderm als im Ektoderm. Während aber das Nervensystem sich besonders im Ektoderm entwickelt und namentlich auf der Mundscheibe eine subepitheliale, dicke Schicht von Nervenfasern uud Ganglienzellen erzeugt, ist die Muskulatur im Ektoderm meist schwach ausgebildet und hier auf Mundscheibe und Tentakeln beschränkt. Um so mächtiger ist die entodermale Muskulatur. Am oberen Ende des Mauerblatts findet sich meist ein kräftiger Ringmuskel, der das Mauerblatt über der nervenreichen Mundscheibe zusammenziehen kann. Die Septen endlich sind beiderseits mit Muskelfasern bedeckt, auf der einen Seite mit transversalen, auf der anderen mit longitudinalen. Nur letztere sind kräftig entwickelt und erzeugen eine vielfach gefaltete Muskellamelle, die wegen ihres Querschnittsbildes die „Muskelfahne" heisst (Fig. 186 *mf*). Muskel- und Nervensystem.

Bei den *Hexacorallien* (Fig. 187) sind die Septen paarweise gruppirt, indem zwei benachbarte Septen einander nicht nur genähert sind, sondern ihre Zusammengehörigkeit auch darin bekunden, dass sie sich gleichwerthige, d. h. mit derselben Muskulatur ausgerüstete Seiten zukehren. Die Regel ist, dass die Septen eines Paares die „Muskelfahnen" auf zugewandten Seiten tragen. Von dieser Regel machen nur 2 Septenpaare eine Ausnahme, welche sich an den Enden der Sagittalaxe des Schlundrohrs befestigen, die Muskelfahnen auf abgewandten Seiten tragen und Richtungssepten heissen, da sie eine bestimmte Richtung im Körper, nämlich die Sagittalaxe, anzeigen. Vermöge der paarigen Gruppirung der Septen kann man zweierlei Radialkammern unterscheiden: die innerhalb eines Septenpaares gelegenen Binnenfächer und die zwischen zwei Septenpaaren gelegenen Zwischenfächer. Zum verschiedenen morphologischen Charakter der Radialkammern kommen Unterschiede in Septenstellung. a. Hexacorallien.

der Rolle, welche sie beim Wachsthum der Actinie spielen, indem eine Vergrösserung des Mauerblattes und eine Vermehrung der Septenpaare sich nur in den Zwischenfächern vollzieht. So haben fast alle Actinien auf einem bestimmten Stadium der Entwicklung 6 Septenpaare (2 Paar Richtungssepten und gleichmässig dazwischen links und rechts vertheilt 4 weitere Septenpaare); sie sind die Septen erster Ordnung oder die Hauptsepten. Wenn die Septenzahl weiter zunimmt, so treten neue Septen, Septen zweiter Ordnung, nur in den Zwischenfächern paarweise auf: zu den 6 Paaren erster Ordnung treten 6 weitere Paare zweiter Ordnung. Da das hier kurz angedeutete Princip des Wachsthums dauernd beibehalten wird, so muss sich die Vermehrung der Septen und demgemäss auch der Tentakeln nothgedrungen in Multiplen von 6 bewegen; es entwickeln sich weiter 12 Paare dritter Ordnung, später 24 Paare vierter Ordnung u. s. w. Das Gesagte ist die Quintessenz des Milne-Edwards'schen Wachsthumsgesetzes der Corallenthiere.

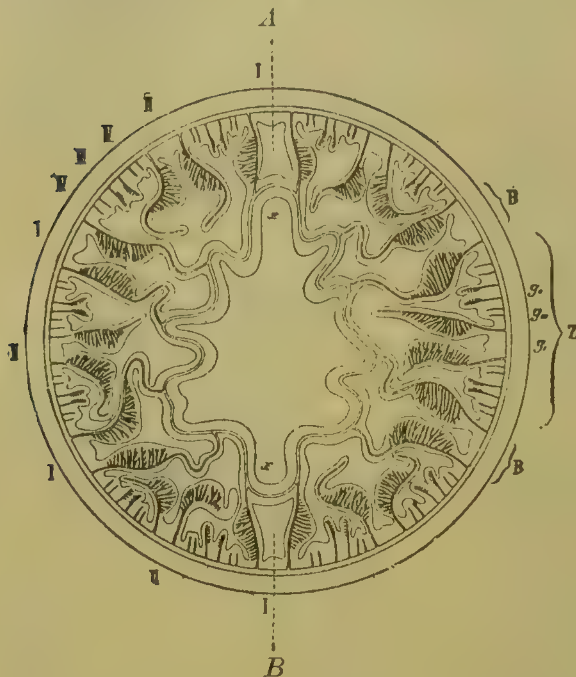


Fig. 187. Querschnitt einer Actinie (Adamsia diaphana). *A*, *B* Richtungsfächer, zugleich Enden der Sagittalaxe, welche die eine Symmetrieebene des Körpers bezeichnen, während die zweite dazu senkrecht steht. *I*–*IV* Cyclen der Septenpaare I—IV. Ordnung, *B* Binnenfach I. Ordnung, *Z* Zwischenfach I. Ordnung, in welchem neuangelegt sind Septenpaare und Binnenfächer II., III., IV. Ordnung (g^1 g^2 g^3).

b. Octocorallien.

Sehr viel einfacher verhalten sich die *achtzähligen Anthozoen*, bei denen nie mehr als 8 einzelne Septen vorkommen (Fig. 188). Dieselben vertheilen sich gleichmässig zu beiden Seiten des Schlundrohrs derart, dass 4 auf der linken, 4 weitere auf der rechten Seite der Sagittalaxe stehen. Auch hier sind die transversalen und longitudinalen Muskelfasern vollkommen gesetzmässig vertheilt, so dass man, je nachdem man von dem einen oder dem anderen Ende der Sagittalaxe ausgeht, nur zugewandte oder nur abgewandte Muskelfahnen vor sich hat.

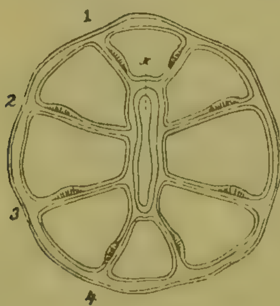


Fig. 188. Querschnitt einer Octocorallie (Alcyonium); *x* Schlundrinne, *1*, *2*, *3*, *4* die Septen der einen Seite, welche genau symmetrisch mit denen der anderen Seite angeordnet sind und sämmtlich die Muskelfahnen auf der gleichen Seite tragen.

Knospung.

Ausser der geschlechtlichen Fortpflanzung besitzen fast sämmtliche Anthozoen die Fähigkeit, sich durch Knospung zu vermehren. Nur selten lösen sich die Knospen ab; meist bleiben sie mit dem Mutterthier zur Bildung von Colonien verbunden, welche gewöhnlich aus vielen Hunderten und Tausenden von Individuen zusammengesetzt sind. (Fig. 189.) Der Zusammenhalt wird dann bewirkt durch ein reichliches, vorwiegend aus Mesoderm bestehendes Coenenchym oder Coenosark, welches auf seiner Oberfläche von Ectoderm überzogen, im Innern von

reich verästelten und anastomosirenden Entodermcanälen durchsetzt wird. Bei Beunruhigung können sich die Einzelpolypen blitzschnell in das Coenosark zurückziehen.

Skelet.

Die stockbildenden Anthozoen haben fast stets ein vom Ectoderm aus entstehendes Skelet aus kohlensaurem Kalk oder aus einer organischen Substanz, welche man Hornsubstanz nennt, obwohl sie nicht mit dem Keratin der Wirbelthiere identisch ist. Auch kommt es vor, dass das Skelet aus alternirenden Kalk- und Hornstücken sich aufbaut. Der Anordnung nach unterscheidet man Axen- und Rindenskelete. Die Axenskelete beschränken sich auf die innersten Partien des Coenosarks, lassen dagegen die weiche Rinde, in welcher die Polypen wurzeln, unverkalkt, desgleichen die Polypen selbst. Die Rindenskelete gehen dagegen von den Polypen aus und wiederholen die complicirte Structur derselben bis zu einem gewissen Grade. (Fig. 190, 191.) Stets ist eine Theca vorhanden, ein Kalkcylinder, welcher an das Mauerblatt des Einzelpolypen erinnert; meist kommen dazu radiale Scheidewände, welche man im Gegensatz zu den Scheidewänden des Weichkörpers Sklerosepten nennt.

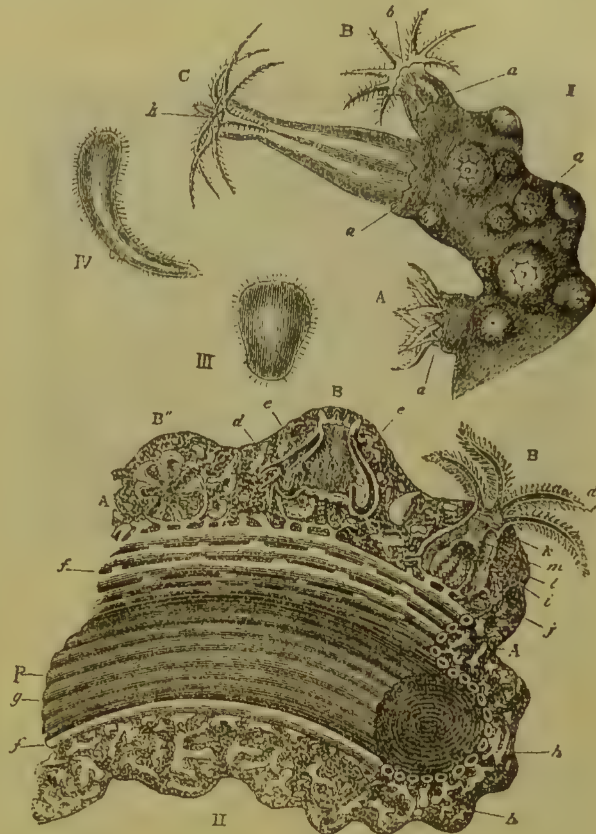


Fig. 189. Corallium rubrum (aus Huxley nach Lacaze Duthiers). I. Stück eines Stöckchens mit ganz und halb (*A*, *B*) zurückgezogenen und vollkommen entfalteten (*C*) Polypen. *a* Coenosark-Kelch zur Aufnahme des Polypen, *b* Tentakelkrone. II. Stück eines Astes; der Weichkörper (*A*) gespalten und eine Strecke zurückgeklappt. Skeletaxe (*P*) mit ihren Canellirungen freigelegt; *f* grössere Coenosarkröhren, die die Canellirung veranlassen, *h* das Netz feinerer Coenosarkröhren. *B* die zum Theil in das Coenosark zurückgezogenen Polypen; *a* Einstülpungsrand, *c* Rand des eingestülpten Tentakeln (*d*), *b* eingestülpter Theil der Mauerblatts, *k* Mund, *m* Schlundrohr, *i* Magen, *j* Septen. III und IV Flimmerlarven.

Die Sklerosepten können über den Mündungsrand der Theca übergreifen und auf der Aussenwand als Costae herablaufen. Ein dem Schlundrohr vergleichbarer Abschnitt fehlt, dagegen erhebt sich aus dem Grund des Kalkcylinders ein Haufen von kleinen Säulchen, welche in ihrer Gesammtheit die Columella darstellen. (Fig. 191.) Wenn zwischen dem freien inneren Rand der Septen und der Columella besondere Kalkpfeiler stehen, nennt man dieselben Pali. Feinste Kalkstäbchen, Synaptikeln, können die Septen quer untereinander verbinden. Besondere Skeletstücke, die Ta-


Fig. 190. Sclerophyllia margariticola (nach Klunzinger).

bulae, endlich werden öfters durch die Wachsthumsverhältnisse des Polypen veranlasst. Dieser baut am Rande der Theca das Skelet immer weiter und verlässt in gleichem Maasse die tieferen Partien desselben. Gegen den verlassenen Theil grenzt er sich durch horizontale Scheidewände, die Tabulae ab.



Fig. 191. Schliff durch das Skelet von Caryophyllia cyathus (nach Koch). Nach aussen Theca, nach innen Septen (I—XII 1. u. 2. Cyclus), Pali und im Centrum die Columella.

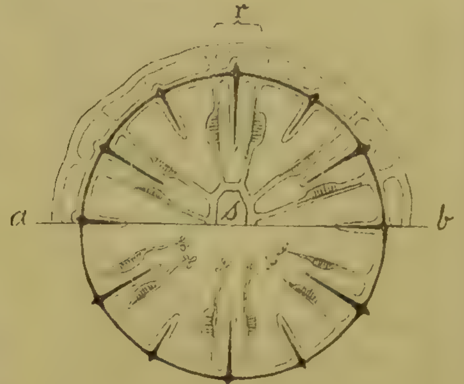


Fig. 192. Schema eines Querschnitts durch den Weichkörper und das Skelet einer Hexacorallie, oberhalb der Linie *ab* ist der Schnitt durch das Schlundrohr, unterhalb der Linie *ab* unter dem Schlundrohr geführt. Das Skelet schwarz, *r* Richtungssepten.

Früher glaubte man, dass die Corallenskelete nichts Anderes seien als die mit Kalk imprägnirten einzelnen Theile des Weichkörpers, und hat von ersteren ohne Weiteres einen Rückschluss auf die Anordnung der letzteren gemacht. Dies hat sich als ein vollkommener Irrthum herausgestellt; die Sklerosepten bilden sich zwischen den Sarkosepten in den Radialkammern und ebenso die Theca innerhalb und in einiger Entfernung vom Mauerblatt. (Fig. 192.) Von vornherein ist es daher wahrscheinlich, aber nicht durchaus nothwendig, dass der Numerus der Sklerosepten dem der Sarkosepten entspricht; bei manchen Corallen fehlt sogar diese Uebereinstimmung, wie z. B. bei den *Helioporiden*, welche man nach ihrem Skelet früher für Hexacorallien hielt, während ihr Weichkörper sie unzweifelhaft unter die Octocorallien verweist.



Fig. 193. Cladocora caespitosa (nach Heider). Verhältniss von Skelet und Weichkörper.

Corallenriffe.

Vermöge ihrer Skeletbildung legen die Anthozoen grosse Mengen von kohlensaurem Kalk in gewaltigen, aus dem Grund des Meeres aufsteigenden Bauten, den Corallenriffen, fest, welche aus verschiedenerlei Arten bestehen, unter denen aber die *Madreporarien* die dominirende Rolle spielen. Wenn die Riffe die Meeresoberfläche erreichen, können sie zur Bildung von kleinen Inseln Veranlassung geben, die durch eigenthümliche Gestalt ausgezeichnet sind; am merkwürdigsten sind die Atolle, Ringe, in deren Innerem sich ein Becken von Meerwasser befindet. Die Entstehung solcher Atolle, wie

die Entstehung der Strand- und Barriereriffe ist Gegenstand vieler Theorien geworden, unter denen Darwin's Theorie vom Corallenwachsthum lange Zeit über am meisten Anklang gefunden hat.

I. Ordnung. Alcyonarien, Octocorallien.

Die Alcyonarien, anatomisch durch die Anwesenheit von 8 Einzelsepten charakterisirt, (cfr. S. 204, Fig. 188) lassen sich äusserlich sofort daran erkennen, dass nur 8 Tentakeln vorkommen und dass diese 8 Tentakeln gefiedert sind, d. h. ausgerüstet mit zwei Reihen kleiner Ausstülpungen, die von der Basis nach der Spitze des Tentakels kleiner werden (Fig. 189). Die Thiere ziehen im Allgemeinen die grossen Meerestiefen dem Aufenthalt an der Küste vor.

I. Unterordnung. *Alcyonaceen.* Das meist ansehnliche, fleischige, festgewachsene Polypar ist durchsetzt von zahlreichen, mesodermalen Kalkstücken, den Sklerodermiten, welche aber nicht zu einem zusammenhängenden Skelet verkleben. *Alcyonium palmatum* Pall.

II. Unterordnung. *Gorgoniaceen.* Eine fest aufgewachsene, reich verästelte Skeletaxe wird von einem Weichkörper überzogen, in den sich die weichen Polypen zurückziehen können. Bei den *Gorgoninen* ist die Skeletaxe rein hornig: *Gorgonia verrucosa* Pall.; bei den *Isidinen* besteht sie aus alternirenden Horn- und Kalkstücken: *Isis elongata* Esp.; bei den *Corallinen* ist sie rein kalkig: *Corallium rubrum* Lam. Edelcoralle, lebt in Tiefen von 2—400 Fuss an den Küsten von Algier, Corsica, Sardinien und den Capverdischen Inseln auf sogenannten Corallenbänken. Der Erlös der besonders von Neapel aus betriebenen Fischerei wird jährlich auf 2 Millionen Francs geschätzt.

III. Unterordnung. *Pennatulaceen.* Die rein hornige Skeletaxe bleibt unverästelt; der Coenosarküberzug besteht aus einem unteren und oberen Abschnitt; ersterer kann zu einer Blase aufgebläht werden und gräbt sich in den Meeresboden ein; letzterer trägt allein die häufig in Fiederblättchen angeordneten Polypen. *Pennatula phosphorea* Ell. hat wie viele andere Alcyonarien ein intensives Leuchtvermögen.

IV. Unterordnung. *Tubiporaceen.* Das Skelet besteht aus zahlreichen Kalkröhren, die wie Orgelpfeifen neben einander stehen und durch quere Wände (Tabulae) verbunden sind. *Tubipora Hemprichi* Ehr.

V. Unterordnung. *Helioporaceen.* Das Skelet ist wie bei manchen Hexacorallien eine massive Kalkmasse, in welcher Aushöhlungen für die zahlreichen Polypen enthalten sind. Die Anwesenheit von 6 Sklerosepten war lange Zeit Ursache, die Thiere für Hexacorallien zu halten. *Heliopora caerulea* Blainv.

II. Ordnung. Hexacorallien, Zoantharien.

Für die Hexacorallien sind in erster Linie die schlauchförmigen, nicht gefiederten Tentakeln charakteristisch; erst in zweiter Linie kann die oben erläuterte sechszählige und paarige Gruppirung der Septen zur Charakteristik benutzt werden. Denn wenn dieselbe auch für die überwiegende Mehrzahl der Formen gilt, so giebt es doch Ausnahmen von der Regel. Einerseits kennen wir die achtzähligen, mit gewissen Larvenstadien der Actinien übereinstimmenden *Edwardsien*, bei denen die typische Hexacorallienstructur noch nicht erreicht ist, andererseits die *Zoantheen*, *Ceriantheen* und *Antipatharien*, bei denen die sechszählige Anordnung eine wesentliche Abänderung erfahren hat.

I. Unterordnung. *Malacodermen, Actiniarien, Seerosen.* Die hierher gehörigen Anthozoen sind skeletlose, meist einzellebende Thiere mit zahlreichen Cyclen von Septen und Tentakeln; sie finden sich in allen Klimaten und in allen Meeresschichten, von der Fluthgrenze bis zu den grössten Meerestiefen, selten frei schwimmend, meist an Steinen festsitzend. Mit Ausnahme der gänzlich unbeweglichen, colonialen Zoantheen vermögen die Actinien auf ihrer zum Ansaugen dienenden musculösen Fusscheibe zu kriechen wie Schnecken auf ihrem Fuss. Den deutschen Namen „Seerosen“ verdanken die Thiere theils ihren lebhaft bunten Farben, theils der grossen Zahl der Tentakeln, welche wie Blumenblätter einer gefüllten Rose in vielen Reihen hinter einander vom Rand der Mundscheibe entspringen. Bei Beunruhigung werden die Tentakeln verkürzt und der obere Rand des Mauerblatts durch den Sphinkter über ihnen und der nervenreichen Mundscheibe zusammengezogen. *Anemonia equina* L. *Adamsia palliata* Boh., bekannt durch die Symbiose mit dem Einsiedlerkrebs Pagurus Prideauxi (cfr.). S. 134.

II. Unterordnung. *Antipatharien.* Die Antipatharien vertreten unter den Hexacorallien die Gorgoniden; sie haben eine glänzend schwarze, hornige, verästelte Axe, überzogen von einem Coenenchym, in welchem kleine Polypen mit rudimentärem Septenapparat sitzen; sie sind am leichtesten an ihren schlauchförmigen Tentakeln als Hexacorallien zu erkennen. *Antipathes larynx* Ell.

III. Unterordnung. *Sklerodermen, Corallen.* Diese umfangreichste Gruppe der Anthozoen zeichnet sich durch die ganz vorzügliche Entwicklung des Kalkskelets aus. Stets sind Theca und Septen vorhanden, meist Columella, Synapticulae, Pali und Dissepimente, sehr häufig auch Costae. Selten sind einzellebende Formen, wie die Fungien, Caryophyllien und Flabellen, meist sind zahlreiche (nicht selten Tausende) Einzelthiere durch reichliches Coenenchym zu einer Colonie verbunden, welche entweder rasenartige Ueberzüge oder verästelte Bäumchen bildet. Zwischen Colonien und einzellebenden Formen giebt es alle Uebergänge. (Fig. 190, 193, 194, 195.)

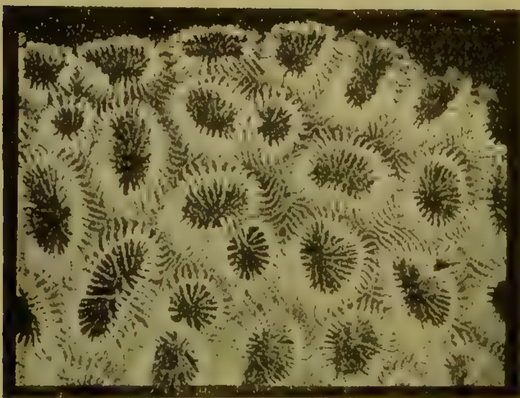


Fig. 194. Favia cavernosa (nach Klunzinger).



Fig. 195. Coeloria arabica (nach Klunzinger).

Eine Colonie entsteht von einem Einzelthier aus durch fortgesetzte Theilung oder Knospung; wenn Theilung und Knospung nicht zum Abschluss kommen, können sich mäandrisch verschlungene Reihen äusserst unvollkommen gegen einander abgesetzter Individuen bilden, wie das bei den *Mäandrinen* der Fall ist, bei denen es gar nicht möglich ist, die Zahl der in einer Colonie enthaltenen Thiere zu bestimmen; eine Mäandrine könnte man als ein einziges in mäandrisch verschlungene Verzweigungen ausgewachsenes Thier auffassen. (Fig. 195.)

Da nur von wenigen Corallen die Weichtheile genauer bekannt sind, ist man bei der Systematik ausschliesslich auf die Structur des Skelets angewiesen. Die *Eporosen* haben ein compactes Skelet. Zum Theil sind sie einzellebend: *Caryophyllia cyathus* Lamx. (Fig. 191), *Sklerophyllia margariticola* Kl. (Fig. 190); zum Theil bilden sie verästelteStöcke: *Amphihelia oculata* L. die weisse Coralle; zum Theil haben die Stöcke die Gestalt von rasenartigen Ueberzügen oder Knollen: *Coeloria arabica* Kl. (Fig. 195); *Favia cavernosa* Kl. (Fig. 194.) — Bei den *Perforaten* dagegen ist das Skelet porös nach Art eines feinen Schwammgerüsts. *Madrepora erythraea* Kl. (Fig. 196.) *Astroides calycularis* Pall. *Cladocora caespitosa* Edw. u. H. (Fig. 193.)



Fig. 196. Madrepora erythraea (nach Klunzinger).

Gewissc fossile, vorwiegend auf die palaeozoischen Formationen beschränkte Corallen unterscheiden sich von den recenten Formen durch die vierzählige Anordnung der Septen, sie bilden die ausgestorbene Ordnung der *Tetracorallien* oder *Rugosen*.

IV. Classe.

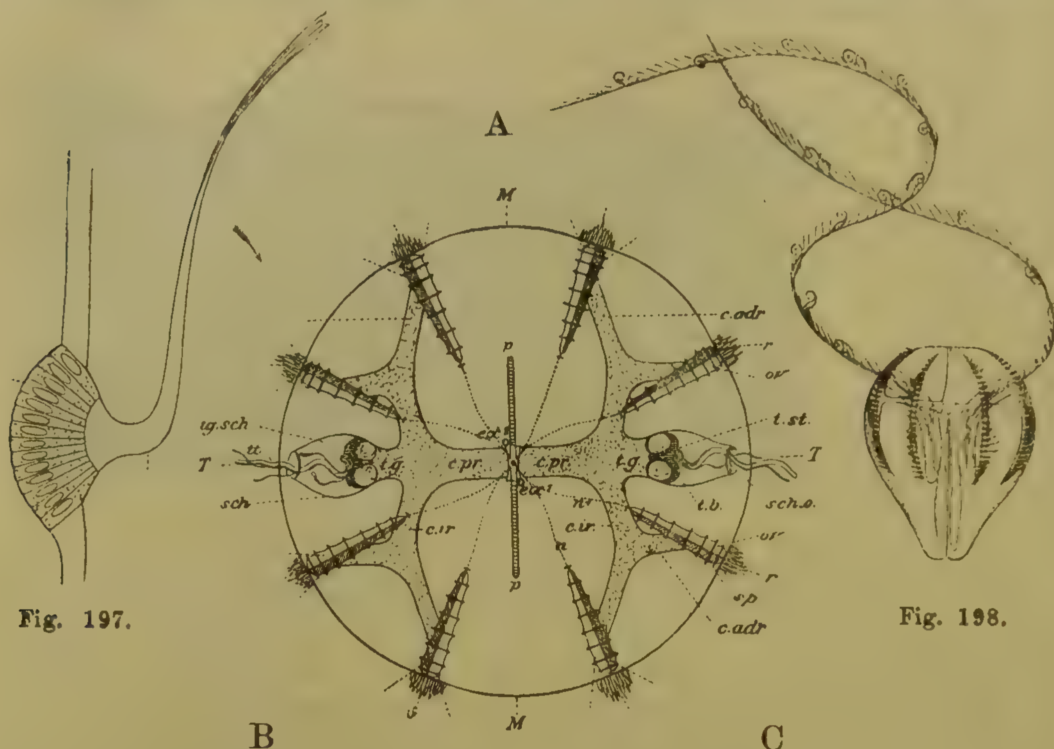
Ctenophoren, Rippenquallen.

Die Ctenophoren übertreffen alle pelagischen Organismen, selbst die Medusen, an Durchsichtigkeit und Zartheit der Gewebe; manche unter ihnen sind so ausserordentlich weich, dass schon ein heftiger Wasserstrom genügt, um sie zu zerreissen, und dass alle Versuche, sie zu conserviren bis jetzt gescheitert sind. Fast stets ist ihr Körper (Fig. 196) zweistrahlig symmetrisch und kann nach der Richtung der Transversal- und Sagittalaxe in symmetrische Hälften zerlegt werden; indem für gewöhnlich die Längsaxe die untereinander gleichen Nebenaxen an Grösse etwas übertrifft, ist der Körper meist oval oder birnförmig; selten ist er durch starkes Wachsthum in der Sagittalaxe bandförmig verlängert, wie bei dem Venusgürtel. Gestalt.

Grundlage des Körpers bildet eine weiche Gallerte mit Bindegewebszellen, die nach allen Richtungen durchsetzt wird von glatten, an den Enden verästelten, vielkernigen Muskelzellen, welche wahrscheinlich von besonderen Nervenfasern gekreuzt und innervirt werden. Auf der Oberfläche wird dieses gallertige Substrat von dem Ectoderm bedeckt, im Innern von den reichlich verästelten Entodermcanälen durchzogen.

Im Ectoderm befindet sich am aboralen Pole (Fig. 199 B *p*) am Grunde einer Vertiefung eine verdickte Stelle, der Sinneskörper, welcher die grösste Aehnlichkeit mit einem Hörbläschen hat. Das hohe Sinnesepithel bildet eine flache Grube (Fig. 200 B); starre Haare, welche vom Rand der Grube sich erheben, fügen sich zu einem glocken- Sinneskörper.

artigen Aufsatz zusammen, welcher die Grube, wenn auch unvollkommen, zu einem Bläschen schliesst. Im Innenraum liegt ein kugeliger Haufen



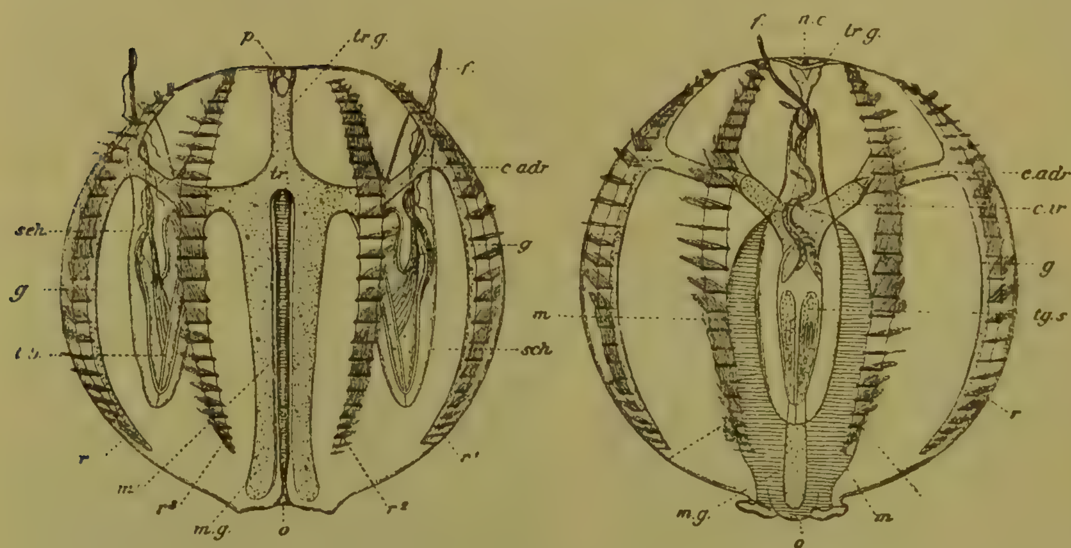


Fig. 199.

Fig. 197. Ruderplättchen mit Epithelpolster (nach Chun).

Fig. 198. Hormiphora plumosa (nach Chun).

Fig. 199. Pleurobrachia rhododactyla (nach Chun). A Ansicht vom aboralen Pol, B Ansicht von vorn, C Ansicht von der Seite. *nc* Sinneskörper, *p* Polplatten, *v* Ruderreihen, *n* Flimmerrinnen, *tb* Tentakelbasis, *tst* Tentakelstamm, *f* Fangfaden, *sch* Tentakelscheide, *scho* Oeffnung derselben, *o* Mundöffnung, *m* Magen, *tr* Trichter, *tr g* Trichtergefässe, *ex* Oeffnungen derselben, *c pr* linker und rechter Gefässstamm, der sich in die interradialen Gefässe (*c.ir*) und die Rippengefässe (*c.adr* und *g*) theilt, *mg* Magengefässe, *tg sch* Tentakelgefässe, *sp* Hodenstreifen, *ov* Ovarialstreifen der Rippengefässe

von kleinen Otolithen, balancirt auf 4 in zitternder Bewegung begriffenen Federn. Von den Federn gehen, anfangs paarweis vereint, später

divergirend, nach dem oralen Ende zu 8 Streifen verdickten Epithels aus, welche wir in Anbetracht ihres meridionalen Verlaufs Meridianstreifen nennen wollen (Fig. 199 A *ws*); sie bestehen zum Theil aus Wimperepithel, zum Theil aus den charakteristischen Ruderplättchen, welche die Fortbewegung der Ctenophoren vermitteln und als verklebte Wimperreihen aufgefasst werden müssen. Die Ruderplättchen (Fig. 197) entspringen von dicken Epithelwülsten, welche quer zur Richtung der Meridianstreifen gestellt und so weit von einander entfernt sind, dass die freien Ränder der oberen Blättchen die Basen der unteren dachziegelartig decken. In Folge ihrer faserigen Structur irisiren die Ruder im Sonnenlicht in den lebhaftesten Farben und erzeugen bei der Bewegung ein prachtvolles Spiel von metallischen rothen, blauen und grünen Glanzlichtern, welche den Meridianstreifen entlang fliessen. Von den zahllosen kleinen Ruderchen getrieben, vermag das ganze Thier sich in Bewegung zu setzen. Gewöhnlich ist ein Meridianstreifen derart gebaut, dass die Ruderreihe in einiger Entfernung vom aboralen Pole beginnt und bis in die Nähe der Mundöffnung reicht. Mit dem Sinneskörper steht dann jede Ruderreihe durch einen Streifen Wimperepithels in Verbindung, die Flimmerrinne (Fig. 200 A *ws*).

Ruderreihen.

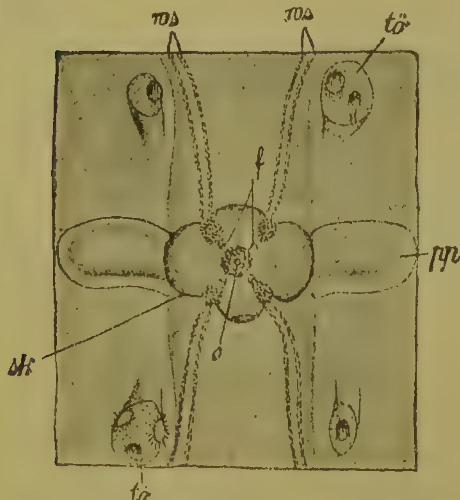


Fig. 200 A. Aboraler Körperpol von Callianira bialata (aus Lang). *ws* Wimperstreifen, *f* Federn, welche den Otolithenhaufen *o* tragen, *sk* Sinneskörper, *pp* Polplatten, *tö* Oeffnungen der Trichtergefässe.

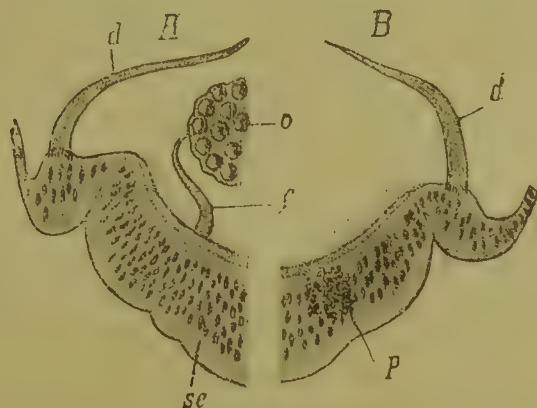


Fig. 200 B. Querschnitt durch den Sinneskörper von Callianira, links (*A*) durch das Centrum, rechts (*B*) etwas excentrisch geführt. *f* Federn, welche den Otolithenhaufen *o* tragen, *d* Dach der Sinnesgrube, *se* Sinneszellen, *p* Pigmentzellen.

Aus dem Ectodermepithel entstehen noch 2 weitere Organe, die 2 Polplatten und die 2 Tentakeln. Erstere sind Epithelzungen, welche in sagittaler Richtung vom Sinneskörper aus eine kurze Strecke weit reichen und vielleicht Riech- oder Geschmacksorgane darstellen; letztere entspringen am Ende der Transversalaxe am Grunde von tief eingestülpten Säcken, in welche sie zurückgezogen werden können. Am Grunde des Tentakelsackes befindet sich die Tentakelwurzel; von ihr erhebt sich der lange Tentakelstamm, von dem wiederum die seitlichen Senkfäden herabhängen. Tentakelstamm und Senkfäden haben eine Axe von Längsmuskeln, welche von Epithel überzogen wird. Der epitheliale Ueberzug besteht, abgesehen von wenigen Sinneszellen, ausschliesslich aus den Klebzellen, kugeligen Körperchen, welche ein äusserst klebriges, in Körnchen abgelagertes Sekret enthalten und

ähnlich dem Körper einer Vorticelle mit ihrem basalen Ende auf einem spiralen Stielmuskel sitzen (Fig. 161 *c*). Die Function der eigenthümlichen Zellen ist so zu verstehen, dass Beutethiere, welche von dem klebrigen Secret festgehalten werden, zunächst die Stielmuskeln ausdehnen können, dann aber durch die spirale Zusammenziehung derselben wieder in das Niveau der Epitheloberfläche gebracht werden.

Darm- und Geschlechtsorgane.

Das Ectoderm hat endlich noch Antheil an der Bildung des Gastrovascularsystems. (Fig. 199.) An der Mundöffnung, welche bei normaler Haltung des Thieres das untere Ende der Hauptaxe bezeichnet, schlägt es sich in das Innere ein und kleidet einen ansehnlichen Hohlraum aus, der dem Schlundrohr der Actinien verglichen werden kann, aber allgemein noch Magen genannt wird. Erst am hinteren Ende dieses Hohlraums beginnt der eigentliche entodermale Magen, der sogenannte Trichter, von dem aus zahlreiche, meist blind geschlossene Canäle sich in der Gallerte verbreiten, um die einzelnen Organe zu versorgen. Zwei (selten vier) Canäle, die Trichtergefässe, verlaufen nach dem aboralen Pole und münden hier in gekreuzter Stellung neben dem Sinneskörper; ein zweites Paar Canäle tritt an die Tentakelwurzel heran, ohne jedoch in sie einzudringen, ein drittes Paar begleitet den Magen. Die wichtigsten unter sämmtlichen Canälen sind aber die Rippengefässe, welche aus dem Trichter mittelst eines linken und rechten zweimal dichotom verästelten Hauptcanals entspringen; 8 an der Zahl verlaufen sie unter einem jeden Meridianstreifen und dienen nicht nur diesen, sondern auch den Geschlechtsorganen zur Ernährung. Jedes Rippengefäss enthält nämlich in seinen dem Ruderplättchen zugewandten Epithel 2 Längsstreifen von Geschlechtszellen, von denen der eine männlich, der andere weiblich ist; dieselben stammen trotz ihrer Lagerung im Entoderm wahrscheinlich aus dem Ectoderm. Die Vertheilung der Geschlechtsstreifen ist sehr gesetzmässig, indem 2 Rippengefässe auf den einander zugewandten Seiten stets gleichartige Geschlechtsorgane tragen. Die Entleerung der Geschlechtsproducte erfolgt durch das Lumen der Gastrovascularcanäle.

Die artenarme Gruppe wird nach dem Vorhandensein oder dem Fehlen der Tentakeln eingetheilt. Mit Tentakeln versehen (*Tentaculata*) sind die theils kugelig, theils birnförmig gestalteten *Cydippiden: Pleurobrachia rhododactyla* Agas. (Fig. 199), *Hormiphora plumosa* (Fig. 198) und die bandförmigen *Cestiden: Cestus Veneris* Les., Venusgürtel. Tentakellos (*Nuda*), mit weitem Magen ausgerüstet sind die kosmopolitischen *Beroiden: Beroë Forskali* Edw. — Kleine, auf Unterlagen kriechende Ctenophoren *Coeloplana Metschnikowi* Kow. und *Ctenoplana Kowalewskii* Kort. werden in der Neuzeit von manchen Zoologen als Uebergangsformen zu den Turbellarien gedeutet.

Zusammenfassung der Resultate über Coelenteraten.

1. Die **Coelenteraten** wurden früher **Radiaten** genannt, weil sie meist eine radiale Grundform haben; dieselbe ist bei niederen Formen noch nicht gut ausgeprägt, bei den höheren kann sie in die zweistrahlige, manchmal sogar in die bilateral-symmetrische Grundform übergeführt werden.

2. Die Coelenteraten heissen vielfach auch **Pflanzenthiere**, weil die meisten unter ihnen festgewachsen und dadurch äusserlich pflanzenähnlich geworden sind; die Pflanzenähnlichkeit wird gesteigert, indem unvollständige Theilung und Knospung zur Coloniebildung führt, was den meisten Coelenteraten ein buschartiges Aussehen verleiht.

3. Der Name **Coelenteraten** wurde gewählt, weil die Thiere nur ein Hohlraumsystem haben, einen einfachen oder mit Verästelungen ausgerüsteten Magen, der gleichzeitig die Stelle des Darms und der noch nicht entwickelten Leibeshöhle vertritt.

4. Der coelenterische Apparat wird vielfach auch Gastrovascularsystem genannt, weil die verästelten Ausläufer des Magens die Nahrung überall hin vertheilen und so die Functionen der Blutgefässe erfüllen.

5. Die Fortpflanzung ist entweder geschlechtlich oder ungeschlechtlich, sehr häufig cyklisch (Generationswechsel).

6. Die Coelenteraten werden in **Spongien** und **Cnidarien** eingetheilt.

7. Der Körper der **Spongien** besteht aus einem ansehnlichen bindegewebigen Mesoderm, einem dünnen ectodermalen Plattenepithel und einem entodermalen, selten den Magen, meist nur die Geisselkammern auskleidenden Geisselepithel (Kragenzellen).

8. Die Thiere nehmen die Nahrung durch feine Poren der Körperoberfläche, Dermalporen, auf und geben das Unverdauliche durch das Osculum ab.

9. Da Nerven, Muskeln, Sinnesorgane fehlen oder ganz unvollkommen ausgebildet sind, zeigen die Thiere so gut wie keine Bewegungen.

10. Nach dem Skelet zerfallen sie in Calcispongien, Myxospongien, Ceraospongien, Silicispongien.

11. Die **Cnidarien** sind wesentlich höher organisirt und thierähnlicher, da sie mit Nerven, Muskeln, Sinnesorganen ausgerüstet sind und in Folge dessen eine grössere Reizbarkeit und Bewegungsfähigkeit besitzen.

12. Besonders charakteristisch für die Cnidarien ist die Anwesenheit von Tentakeln und von kleinen, in besonderen Zellen sich bildenden Nesselorganen, den Nesselkapseln.

13. Fast alle histologischen Differenzirungen gehen vom Ectoderm und Entoderm aus, indem ein Mesoderm entweder vollkommen fehlt oder nur als Stützgewebe erscheint. (Diblasterien, zweiblättrige Thiere.)

14. Man unterscheidet 3 Classen: **Hydrozoen**, **Anthozoen**, **Ctenophoren**.

15. Bei den **Hydrozoen** findet man 2 im Generationswechsel stehende Formen, den sessilen Polypen (Amme) und die frei bewegliche Meduse (Geschlechtsthier).

16. Nach dem Bau von Polyp und Meduse unterscheidet man 2 Unterclassen: 1. **Hydromedusen**, 2. **Scyphomedusen**.

17. Für die **Hydromedusen** ist der Hydroidpolyp und die craspedote Meduse charakteristisch.

18. Der Hydroidpolyp ist ein aus Ectoderm, Entoderm und Stützlamelle bestehender Schlauch mit einem Tentakelkranz; bei coloniebildenden Formen kommt noch ein cuticulares Ausscheidungsproduct des Ectoderms, das Periderm, dazu.

19. Die craspedote Meduse hat einen glockenförmigen Körper mit glattem Schirmrand, an welchem der Schwimmsaum oder das Velum entspringt. Die Geschlechtsorgane sind ectodermal.

20. Die Meduse entsteht am Polyp durch laterale Knospung.

21. Der Generationswechsel kann in Polymorphismus übergehen, wenn die Meduse als Sporosac im Stock verbleibt; er kann unterdrückt werden, indem entweder die Hydroidengeneration oder die Medusengeneration ausfällt.

22. Für die **Scyphomedusen** ist das Scyphostoma und die acraspede Meduse charakteristisch.

23. Das Scyphostoma unterscheidet sich von dem Hydroidpolypen vornehmlich durch vier longitudinale Gastralfalten oder Septen.

24. Die acraspede Meduse unterscheidet sich von der craspedoten durch den Mangel des Velum, die gelappte Beschaffenheit des Glockenrandes, die Anwesenheit der Gastraltentakelchen, die entodermalen Geschlechtsorgane.

25. Die Meduse entsteht am Polyp durch terminale Knospung.

26. Häufig wird der Generationswechsel unterdrückt, aber nur in der Weise, dass das Scyphostomastadium ausfällt.

27. Bei den **Anthozoen** findet sich als einzige Grundform der Corallenpolyp; derselbe unterscheidet sich vom Hydroidpolypen durch das Schlundrohr, die radialen, an das Schlundrohr tretenden Septen, durch die Anwesenheit eines Mesoderms, durch entodermale, früh in's Mesoderm übertretende Geschlechtsorgane.

28. Die meisten Anthozoen sind coloniebildend und erzeugen ein Skelet, das stets von dem Ectoderm gebildet wird und entweder aus Horn- oder Kalkstücken oder alternirend aus beiden besteht.

29. Das Skelet kann entweder ein Axenskelet sein oder kann sich auch auf die einzelnen Polypen erstrecken (Rindenskelet).

30. Nach der Zahl der Septen theilt man die lebenden Anthozoen in **Hexacorallien** und **Octocorallien** ein, denen sich die fossilen **Tetracorallien** anschliessen.

31. Die **Hexacorallien** haben sechs Septenpaare oder Multipla davon, sie haben ferner zahlreiche schlauchförmige Tentakeln.

32. Die **Octocorallien** haben acht Einzelsepten (nie mehr) und acht gefiederte Tentakeln.

33. Die **Ctenophoren** sind stets freischwimmend und haben einen aus einem muskelreichen Mesoderm bestehenden Gallertkörper.

34. Nesselzellen fehlen und sind durch Klebzellen ersetzt.

35. Am meisten charakteristisch sind acht meridional verlaufende Ruderreihen, deren Bewegungen von einem gemeinsamen Centralorgan, dem nach Art eines Hörbläschens gebauten Sinneskörper, regulirt werden.

36. Der Darm besteht aus einem durch Ectodermeinstülpung entstandenen Magen uud reich verästelten entodermalen Gefässen.

III. Stamm.

Vermes oder Würmer.

Der Stamm der Würmer hat in der Geschichte der systematischen Zoologie am meisten Wandlungen durchzumachen gehabt, und noch heute gehen bei der Beantwortung der Frage, was man unter dem Namen „Würmer" Alles zusammenfassen soll, die Ansichten der Forscher weit auseinander. Es giebt gewisse Gruppen, welche lange Zeit allgemein und auch jetzt noch von den meisten Zoologen dem Stamm eingereiht werden, wie die umfangreichen Classen der *Platt-*, *Rund-* und *Gliederwürmer* und die kleinen Abtheilungen der *Pfeil-* und *Eichelwürmer;* sie bringen das Charakteristische in der Erscheinungsweise der Würmer am meisten zum Ausdruck und verdienen daher bei der Besprechung in erster Linie Berücksichtigung. Ferner gehören unzweifelhaft hierher die *Räderthiere;* denn so sehr sich dieselben auch in ihrer Erscheinungsweise von typischen ausgebildeten Würmern, wie Blutegel, Regenwurm etc. unterscheiden, so gross ist die Uebereinstimmung mit vielen Wurmlarven, eine Uebereinstimmung, auf welche bei der jetzigen hohen Werthschätzung der Entwicklungsgeschichte besonderes Gewicht gelegt werden muss. Dagegen werden von den meisten Zoologen drei Thierclassen, welche in diesem Lehrbuch, wenn auch nur in Form eines Anhangs, dem Stamm angefügt worden sind, von den Würmern ausgeschlossen und vielfach zu selbständigen Stämmen erhoben, die *Brachiopoden* und *Bryozoen* zum Stamm der *Molluscoideen*, die *Ascidien* und *Salpen* zum Stamm der *Tunicaten.* Für den hier eingenommenen Standpunkt war zunächst die Erwägung massgebend, dass es nicht zweckmässig ist, so einförmig gebauten, an Familien und Arten armen Gruppen den Rang eines Thierstammes einzuräumen. Dazu kamen Erwägungen über die systematische Stellung der Würmer im Allgemeinen. Allseitig wird anerkannt, dass wir in den Würmern die Urformen der höheren Thierstämme zu suchen haben, dass aus ihnen die *Echinodermen*, *Mollusken*, *Arthropoden* und *Vertebraten* durch einseitige Specialisirung des Baues hervorgegangen sind. So sind auch *Bryozoen*, *Brachiopoden* und *Tunicaten* jedenfalls Abkömmlinge wurmartiger Urformen und daher eng mit dem Würmerstamm verknüpft. Dagegen ist es mehr als zweifelhaft, ob *Brachiopoden* und *Bryozoen* einander verwandt sind und ob sie, wie der Name „*Molluscoiden*" sagt, mit den *Mollusken* irgend etwas zu thun haben. Die *Tunicaten* sind zwar sicher nahe Verwandte der *Wirbelthiere*, immerhin aber doch von ihnen so enorm verschieden, dass es ganz unstatthaft ist, sie mit ihnen unter dem Namen „*Chordonier*" zu vereinen. **Umfang des Stammes.**

Von den Coelenteraten unterscheiden sich die Würmer durch ihre Bilateralität, welche in der inneren Anatomie stets auch da nachweisbar ist, wo sie bei Betrachtung der äusseren Gestalt, wie bei den drehrunden Nematoden, zu fehlen scheint, ferner durch die Form des Nervensystems, die Anwesenheit besonderer Excretionsorgane und anderweitige Anzeichen höherer Organisation. Von **Unterscheidende Merkmale der Würmer.**

Unterscheidungsmerkmalen gegen die übrigen bilateral symmetrischen Formen möge als wichtigstes der Hautmuskelschlauch vorangestellt werden, von dessen Anwesenheit namentlich die eigenthümliche Bewegungsweise, welche man die wurmförmige nennt, bestimmt wird. Man versteht unter Hautmuskelschlauch die innige Vereinigung der Haut des Körpers mit der darunter gelegenen Muskulatur. (Fig. 201, 202, 203.) Die Haut ist ein einschichtiges Epithel, welches bald Flimmern trägt, bald eine dicke Cuticula als Schutzorgan ausscheidet. Das Epithel sitzt auf einer structurlosen Stützlamelle oder einer zellenhaltigen Bindegewebsschicht auf, mit welcher die nach der Tiefe zu folgenden Muskelfasern so innig verbunden sind, dass sie ihre Angriffspunkte an ihr finden. In der Muskelschicht sind stets longitudinale Fasern vorhanden; häufig treten zu denselben eine oder mehrere Lagen circulärer Fasern, ferner isolirte dorsoventral verlaufende Muskeln.

Hautmuskelschlauch.

Darm.

Unter den Organen des Wurmkörpers muss als das ansehnlichste in erster Linie der Darm genannt werden. Zwar giebt es Würmer, welche entweder gänzlich darmlos sind, wie die Bandwürmer, oder wie manche Nematoden nur einen geschlossenen, offenbar functionsunfähigen Canal besitzen; das sind dann aber stets Parasiten, welche, wie Uebergangsformen deutlich lehren, den Darm in Anpassung an die vereinfachten Ernährungsbedingungen des Parasitismus verloren haben. Im Bau des Darms schliessen sich die niedersten Würmer noch vollkommen an die höheren Coelenteraten (Anthozoen und Ctenophoren) an, indem sie ausser dem entodermalen Urdarm (Mesenteron, Gastrulasäckchen) nur noch den durch Ectodermeinstülpung entstandenen Vorderdarm (Stomodaeum) besitzen, während der Enddarm (Proctodaeum) und damit eine Afteröffnung noch fehlt (cfr. Seite 81 Fig. 55.) Bei den meisten Würmern ist jedoch der Darm durch eine Ectodermeinstülpung am hinteren Ende (Proctodaeum) zu einem beiderseits durch Mund und After geöffneten Rohr geworden. Vielzellige Anhangsdrüsen werden bei den typischen Würmern (Platt-, Rund- und Ringelwürmern) noch vermisst, nur hie und da finden sich blindsackartige Ausstülpungen des Mitteldarms.

Leibeshöhle.

Der Darm ist entweder direct in das hauptsächlich aus Muskeln bestehende Körperparenchym eingelassen und kann dann nur schwer oder überhaupt nicht herauspräparirt werden (Fig. 199); oder er liegt in einem Hohlraum, dem Coelom oder der Leibeshöhle, welche ihn vom Hautmuskelschlauch trennt und in welcher man ihn leicht durch Durchschneiden des Muskelschlauchs frei legen kann (Fig. 200, 201). Wir können daher parenchymatöse und Leibeshöhlen-Würmer, *Scoleciden* und *Coelhelminthen*, einander gegenüberstellen und kommen so zu 2 Typen der Wurmorganisation, die scharf auseinander gehalten werden müssen, da die Thiere in ihrem gesammten Aussehen, im Bau ihrer Körpermuskulatur und der meisten vegetativen Organe ganz erhebliche Unterschiede zeigen, je nach dem sie eine Leibeshöhle haben oder nicht. Die Coelhelminthen sind im Allgemeinen rundlich, so dass ihr Körperquerschnitt mehr oder minder kreisförmig ist; ihre Körpermuskeln werden vom äusseren (parietalen) Epithel der Leibeshöhle geliefert (Fig. 202, 203) und sind somit „Epithelmuskelzellen“; die parenchymatösen Würmer sind dagegen meist in dorsoventraler Richtung abgeplattet (Fig. 201); ihre Körpermuskeln sind modificirte Parenchymzellen, „contractile Faserzellen“ (vergl. hierüber pag. 72).

Nephridien u. Protonephridien.

Bei den Coelhelminthen sind die Nieren (Nephridien) Verbindungscanäle der Leibeshöhle mit der Aussenwelt und heissen Schleifen-

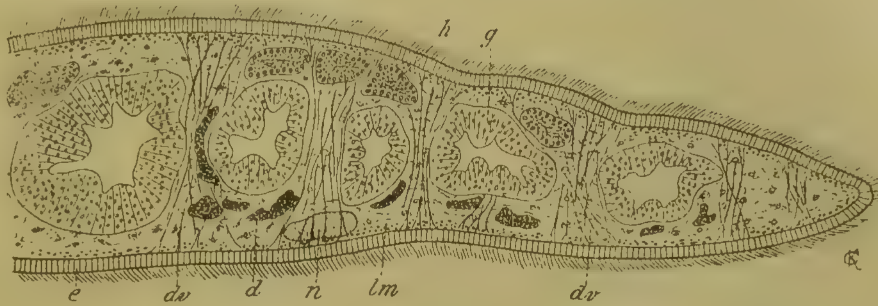


Fig. 201. Querschnitt durch eine Planarie (nur die rechte Hälfte dargestellt) *e* Ectodermepithel mit Flimmern, die Körnchen darunter (*lm*) sind die Querschnitte von Längsmuskeln, *dv* dorsoventrale Muskelfasern, *g* Blindsäcke des Darms, *d* Dotterstock, *h* Hodenfollikel, *n* Nervensystem (Längsstränge).

canäle oder „Segmentalorgane" (cfr. Seite 90 Fig. 66); sie beginnen in der Leibeshöhle mit einer trichterförmigen, flimmernden Oeffnung, dem Wim-

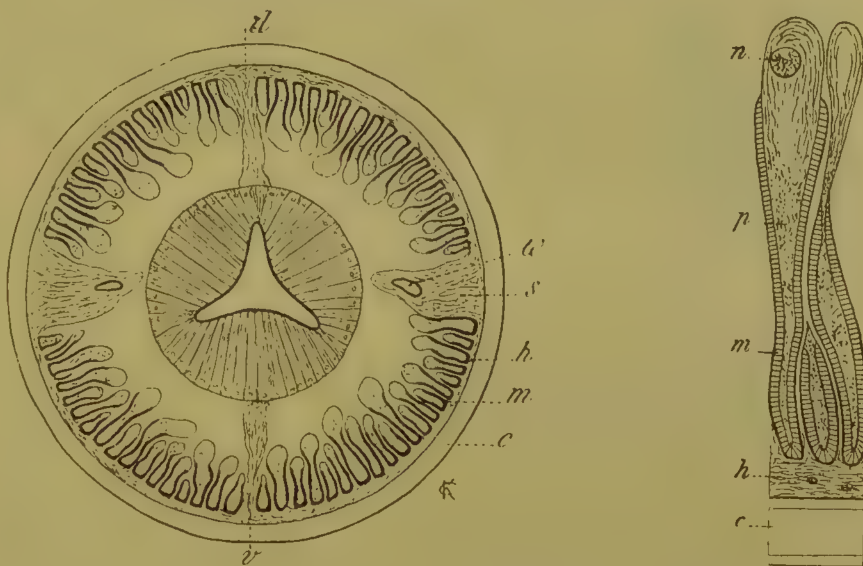


Fig 202. Querschnitt durch Ascaris lumbricoides auf der Höhe des Pharyngealbulbus; daneben ein Stück Hautmuskelschlauch stärker vergrössert. *c* Cuticula, *h* Hypodermis; Verdickungen derselben = *d* dorsale, *v* ventrale, *s* seitliche Längslinie, in letzterer *w* der Excretionscanal, *m* Längsmuskeln, *p* Muskelzellen, *n* Kerne.

pertrichter, und münden nach vielfach gewundenem Verlauf nach aussen, nachdem sie noch vorher zu einer Art Harnblase angeschwollen sind. Bei den Scoleciden müssen Wimpertrichter selbstverständlich fehlen; ihr excretorischer Apparat (Protonephridien), das „Wassergefässsystem", ist ein System geschlossener Canäle, welche ein an Blutcapillaren erinnerndes Netzwerk bilden (cfr. Seite 89, 90 Fig. 64, 65). In den Maschen der Capillaren liegen die Anfänge des Apparats als kleine Blindschläuche, an deren Grund ein Flimmerbüschelchen sich wie eine im Winde flackernde Kerzenflamme bewegt. Dieses „Wimperläppchen" dient offenbar zur Bewegung der excretorischen Flüssigkeit, welche aus dem Capillarsystem durch einen oder mehrere Hauptstämme

nach aussen geleitet wird. Ehe die Hauptstämme durch den Porus excretorius nach aussen münden, können sie eine contractile Blase bilden. Die Flüssigkeit, welche durch die Contractionen der letzteren entleert wird, ist wasserklar, enthält aber ab und zu Körperchen, welche microchemisch sich wie Guanin verhalten.

Geschlechts-organe.

Bei den Coelhelminthen ist der Geschlechtsapparat einfach gebaut; die Geschlechtszellen (Fig. 203 *o*) entstehen aus dem Epithel der Leibeshöhle und gelangen durch die Schleifencanäle, seltener durch besondere Ausführwege nach aussen, so dass gewöhnlich eine an das Urogenitalsystem der Wirbelthiere erinnernde Vereinigung von Geschlechts- und Nierenorganen vorhanden ist. Bei den Scoleciden fehlen analoge Einrichtungen; die Geschlechtsorgane haben hier meist ihre eigenen, sehr complicirten Ausführwege.

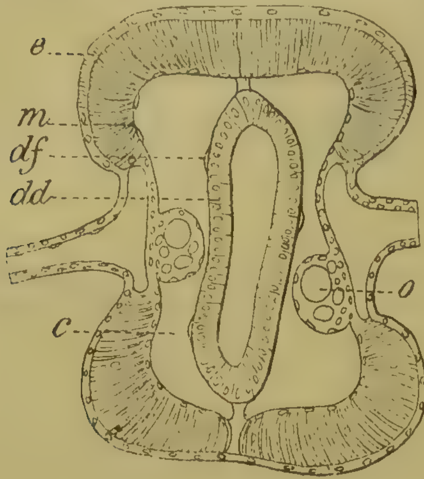




Fig. 203. Querschnitt durch Sagitta bipunctata auf der Höhe des Ovars, darunter ein Stück Hautmuskelschlauch stärker vergrössert. *e* ectodermales Epithel, *m* Hautfaserblatt (Längsmuskeln und zugehörige Epithelzellen), *df* Darmfaserblatt, *dd* Darmdrüsenblatt, *o* Ovar, *c* Coelom (nach O. Hertwig).

Blutgefässe.

Ein geschlossenes Blutgefässsystem kann in beiden Gruppen der Würmer vorkommen oder fehlen. Wo es fehlt, dient bei den Coelhelminthen als Ersatz die Leibeshöhle; bei den Scoleciden dagegen können Einrichtungen getroffen sein, welche vollkommen an das Gastrovascularsystem der Coelenteraten erinnern (cfr. Seite 86 Fig. 60); der Darm verästelt sich und sucht zum Zweck der Nahrungsvertheilung mit seinen Endzweigen die entferntesten Gegenden des Körperparenchyms auf.

Nervensystem.

Im Grundplan des Nervensystems stimmen Scoleciden und Coelhelminthen überein; stets liegt ein Ganglienpaar dorsal vom Schlund (obere Schlund- oder Hirnganglien) und entsendet nach rückwärts 2 kräftige Stränge, die zum Centralnervensystem gerechnet werden müssen, da sie einen Beleg von Ganglienzellen haben. Diese Stränge verlaufen bei allen Plattwürmern seitlich; bei den gegliederten Würmern dagegen sind sie ventralwärts zur Bildung des Bauchmarks verlagert; hier kommen sie in der Mittellinie zur Vereinigung und nehmen die Form des Strickleiternervensystems an (vergl. Seite 96 Fig. 72), das mit den ihre dorsale Lage beibehaltenden Hirnganglien durch die Schlundcommissuren verbunden ist. Vielfach liegt das Nervensystem noch im Ectoderm, d. h. im Epithel der Haut; bei manchen Würmern ist es aus der Haut ausgeschieden und auf der Grenze von Ectoderm und Mesoderm nach aussen von dem Muskelschlauch angelangt. Am häufigsten findet man jedoch die nervösen Centralorgane entweder inmitten der Muskulatur oder sogar einwärts von ihr in der Leibeshöhle. Man kann somit bei den Würmern die Verlagerung des Nervensystems aus seiner Bildungsstätte, der Haut, in die Tiefe vergleichend anatomisch auf das schönste

verfolgen. Die Sinnesorgane sind sehr variabel, am verbreitetsten sind einfache Augen und Tastorgane, seltener Hörbläschen.

Entwicklung. Trochophora.

Unter den Fortpflanzungsweisen überwiegt die geschlechtliche, doch kommt auch noch Paedogenese und ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Theilung und Knospung vor. Damit sind die Bedingungen zu Generationswechsel und Heterogonie gegeben, welche beide thatsächlich auch in einigen Classen beobachtet werden. Die Eier schlagen ebenso häufig den Weg der directen Entwicklung wie den Weg der Metamorphose ein. Bei letzterer treten sehr charakteristische Larven auf, welche hier gleich ihre Besprechung finden mögen, da sie bei verschiedenen Classen der Würmer in ähnlicher Weise vorkommen. Man führt die mannichfaltigen Gestalten auf eine gemeinsame Urform, die Trochophora, zurück. (Fig. 204.) Dieselbe ist von grosser morphologischer Bedeutung, da sie in ihrem Bau den Räderthierchen gleicht, da ferner ähnliche Larvenformen bei Echinodermen und Mollusken vorkommen; sie ist ein Gallertklümpchen mit einem aus Vorder-, Mittel- und Enddarm bestehenden Darmcanal. Anfänglich ist die Haut gleichmässig bewimpert; bei vorgeschrittener Entwicklung findet jedoch eine Beschränkung der Wimpern auf bestimmte verdickte Partien des Epithels, die Wimperschnüre, statt. Eine Wimperschnur ist namentlich constant; sie verläuft ringförmig vor der Mundöffnung und umgiebt ein einheitliches Feld, das Stirnfeld; inmitten desselben liegt als Anlage des Nervensystems eine mit einem Wimperschopf ausgerüstete Epithelverdickung, die Scheitelplatte. Von Organen können dazu ausser Muskeln noch eine linke und rechte Niere kommen, die neben dem Darm münden und, wie die Nieren der parenchymatösen Würmer, blind geschlossene, verästelte Canäle (Protonephridien) sind. Bei den Scoleciden ist die Larve noch nicht vollkommen entwickelt, indem der Enddarm und die Protonephridien noch fehlen; man spricht hier von einer Protrochula (Fig. 208 u. 229).

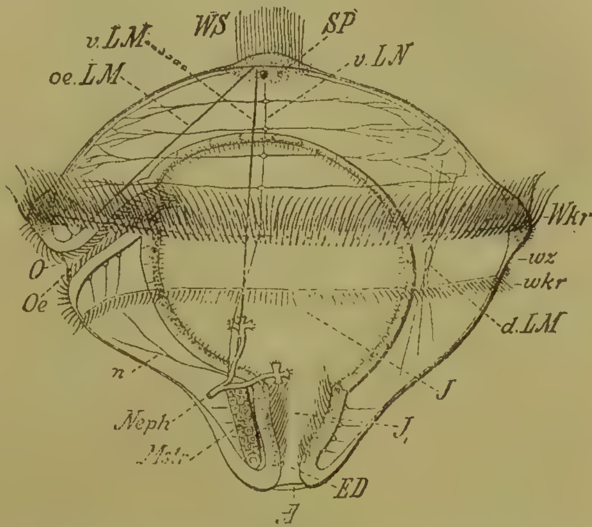


Fig. 204. Trochophora-Larve (Loven'sche Larve) von Polygordius (aus Hatschek). *Wkr* praeoraler; *wkr* postoraler Wimperkranz, *wz* adorale Wimperzone, *Ws* Wimperschopf der Scheitelplatte *SP*, *O* Mund, *Oe* Oesophagus, *J* Magen, J^1 Darm, *ED* Enddarm, *A* After, *Neph* Kopfniere, *Mstr* Mesodermstreifen, *v.LM*, *d.LM*, *oe LM* Muskeln, *v LN* *n* Nerven.

I. Unterstamm.

Scoleciden, parenchymatöse Würmer.

I. Classe.

Plathelminthen, Plattwürmer.

Die Classe ist schon zur Genüge durch den Namen gekennzeichnet; mit wenigen Ausnahmen (rhabdocoele Turbellarien) sind die nahezu

plane Bauchseite und der schwach convexe Rücken einander stark genähert und gehen an den Seitenrändern mit mehr oder minder scharfen Kanten in einander über; ausserdem ist der Unterschied von Rücken und Bauch meist schon durch die lichtere Färbung des letzteren ausgedrückt. Da die Plattwürmer die charakteristischesten Vertreter der Scoleciden sind, gelten für sie alle oben schon hervorgehobenen Merkmale dieser Gruppe; wir fassen sie kurz noch einmal zusammen: eine Leibeshöhle fehlt; die Grundlage des Körpers ist ein Muskelparenchym, eine bindegewebige, von longitudinalen, transversalen und dorsoventralen Muskelfasern durchsetzte Masse, in welcher die einzelnen Organe: Darm, Nervensystem, Niere, Geschlechtsapparat, wie in einem festen Kitt eingebettet sind. Während die Beschaffenheit des Darms äusserst wechselnd ist, besteht das Nervensystem stets aus einem Paar oberer Schlundganglien und davon ausgehender Seitennerven; die Niere (Protonephridium) ist ein verästeltes Wassergefässsystem mit Flimmerläppchen und mit einem oder mehreren Ausfuhrgängen. Den meisten Raum im Körper nehmen die in der Mehrzahl der Fälle zwitterigen Geschlechtsorgane für sich in Anspruch; namentlich ist der weibliche Apparat sehr voluminös und dadurch ausgezeichnet, dass zur Bildung der Eier gewöhnlich zweierlei Drüsen zusammenwirken, der kleine und unpaare Eierstock, auch Keimstock genannt, und die paarigen, reich verzweigten Dotterstöcke. Im Keimstock entstehen die „Keimzellen" als kleine dotterarme Körper; im Dotterstock bilden sich die mit Nahrungsbestandtheilen (Dotterplättchen) reich beladenen Dotterzellen. Da wo die Ausfuhrgänge beider Drüsen, der Eileiter und die Dottergänge, zusammentreffen, wird je eine Keimzelle mit vielen Dotterzellen zu einem ovalen Körper zusammengefügt, welcher weiterhin durch besondere Schalendrüsen noch mit einer festen Hülle versehen wird. (Fig. 205 *A*.) So entsteht ein zusammengesetztes Ei; dasselbe macht von dem Gesetz, dass das thierische Ei stets eine einzige Zelle ist, nur scheinbar eine Ausnahme. Denn die Entwicklung lehrt, dass nur die Keimzelle an der Bildung des Embryo directen Antheil hat und allein als die eigentliche Eizelle angesehen werden kann, dass die Dotterzellen dagegen allmählig zerfallen und einen dem Embryo zur Speise dienenden Nahrungsklumpen liefern. (Fig. 205 *B*.)

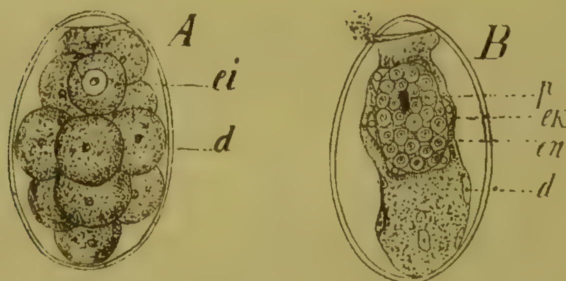


Fig. 205. Eier von Distomum hepaticum (nach Schauinsland). *A* vor der Embryonalentwicklung, *B* Embryonalentwicklung im Gang. Dotterzellen zerfallen. *ei* Eizelle, *d* Dotterzelle, *en* Entodermzellen. *ek* Ectoderm, *p* Pigmentfleck.

Gewöhnlich werden die Plattwürmer in 4 Ordnungen eingetheilt: 1) Turbellarien, 2) Trematoden, 3) Cestoden, 4) Nemertinen; von ihnen sind unzweifelhaft die Turbellarien die Ausgangsformen für die 3 übrigen Ordnungen. Aus den Turbellarien sind durch höhere Entwicklung die Nemertinen hervorgegangen, die Trematoden und Cestoden dagegen durch mehr und mehr zunehmende Rückbildung, eine Folge parasitischer Lebensweise. Man kann sogar die Beziehung der 4 Ordnungen noch bestimmter ausdrücken und von den beiden Unterordnungen der

Turbellarien die Rhabdocoelen als Vorläufer der Nemertinen, die Dendrocoelen als Vorläufer der Trematoden und Cestoden bezeichnen.

I. Ordnung. Turbellarien oder Strudelwürmer.

Die Turbellarien sind Thiere von zungenförmiger Gestalt und geringer Körpergrösse; nur wenige Arten erreichen eine Länge von mehreren Centimetern, während es viele Arten giebt, welche dauernd microscopisch klein bleiben. Der Name „Strudelwürmer" bezieht sich auf das wichtigste systematische Merkmal der Gruppe, das dichte *Wimperkleid*, welches die Oberfläche des Körpers überzieht und von einem einschichtigen Cylinderepithel seinen Ursprung nimmt. (Fig. 206.) Dasselbe dient zur Athmung, indem es neuen Sauerstoff der Körperoberfläche zuführt, ausserdem aber auch vielfach zur Fortbewegung. Man findet nämlich die Turbellarien vorwiegend im Wasser (im Meer- wie im Süsswasser), seltener auf dem Land in feuchter Erde (tropische Landplanarien). Im Wasser kriechen sie entweder ähnlich gewissen Nacktschnecken auf ihrer Bauchseite an Steinen und Pflanzen, oder sie tummeln sich frei schwimmend im Wasser herum. Im letzteren Falle machen die grösseren Formen undulirende Bewegungen des Körpers; den kleineren dagegen genügt der Ruderschlag ihrer Wimpern.



Fig. 206. Microstomum caudatum in Theilung. *a* ectodermaler Anfangsdarm bei *a'* für das hintere Thier neugebildet, *m* blindgeschlossener entodermaler, Mitteldarm, *e* ectodermales Flimmerepithel, *g* Ganglion mit Flimmergrube *f*, *w* Wassergefässcanal, *g'* Ganglion des hinteren Thieres.

Aufenthaltsort, Wimperkleid und allgemeiner Habitus verleihen den kleinen Turbellarien eine überraschende Aehnlichkeit mit Infusorien, so dass es jetzt noch den Anfängern in der Zoologie wie einst den Begründern der microscopischen Forschung schwer fällt, Infusorien und Turbellarien auseinander zu halten. Da nun der für sich allein allerdings schon ausreichende Nachweis der Vielzelligkeit ohne Reagentien nicht leicht zu führen ist, leitet am sichersten beim Erkennen lebender Turbellarien die Beobachtung eines mit eigenen Wandungen versehenen *Darmcanals*. Derselbe besteht nur aus Anfangsdarm und Mitteldarm und ist am hinteren Ende blind geschlossen, da Enddarm und After noch fehlen. Die Mundöffnung liegt in einiger Entfernung vom vorderen Ende auf der ventralen Seite, ist aber nicht selten bis in die Mitte des Körpers verschoben und kann sogar dem hinteren Ende genähert sein (Fig. 207); sie führt in einen musculösen Schlundkopf, welcher häufig in einer besonderen Scheide eingeschlossen ist und dann wie ein Rüssel nach aussen hervorgeschleudert

werden kann. Der Schlundkopf ist ein eingestülpter Abschnitt der Haut und somit ectodermaler Herkunft. Der auf ihn folgende, blind geschlossene, entodermale Darm liefert einige systematisch wichtige Unterschiede; so ist er bei den *Rhabdocoelen* ein einfacher stabförmiger Schlauch, bei den *Dendrocoelen* dagegen bildet er einen Centralmagen, von dem aus weiterhin verästelte Blindschläuche ausgehen; die Zahl derselben ist bei den *Polycladen* (vergl. S. 86 Fig. 60) eine sehr ansehnliche, bei den *Tricladen* sind 3 Hauptzweige vorhanden, ein unpaarer medianer nach vorn, 2 laterale nach rückwärts gerichtet; von jedem der 3 Hauptzweige gehen weiterhin zahlreiche verästelte Blindsäcke aus. Unabhängig von den verschiedenen Stellungen des Mundes bewahren die oberen Schlundganglien ihre Lage am vorderen Ende des Thieres. Das vordere Ende dient auch zum Tasten und kann in fühlerartige Spitzen ausgezogen werden; fast stets trägt es zwei oder mehr einfach gebaute Augen, während ein unpaares Hörbläschen nur bei wenigen Arten beobachtet wurde.



Fig. 207. Gunda lobata (nach O. Schmidt). *g* Ganglienknötchen mit Augenflecken, *o* Mund (Eingang in das lange Schlundrohr), *p* Porus genitalis, davor der weibliche, dahinter der männliche Geschlechtsapparat.

In der Haut mancher Turbellarien finden sich Nesselkapseln, welche vollkommen wie bei den Coelenteraten gebaut sind; viel verbreiteter sind jedoch die Rhabditen, kleine Stäbchen, welche in Epithelzellen entstehen, die nicht selten nach Art einzelliger Drüsen in das Mesoderm hineinragen. Manche Turbellarien hinterlassen beim Kriechen über den Objectträger eine Spur, gebildet aus zahlreichen derartigen ausgestossenen Rhabditen.

Der hermaphrodite Geschlechtsapparat (Fig. 70) und das Wassergefässsystem zeigen in den einzelnen Unterordnungen und Familien eine sehr verschiedenartige Ausbildung. Die Eier der Turbellarien sind gewöhnlich sehr gross und werden mittelst kleiner Stielchen an Wasserpflanzen befestigt. Manche Arten bilden auch Coccons, deren Inhalt aus zahlreichen Dotterzellen und wenigen Eiern besteht. Bei marinen Turbellarien kann aus dem Ei eine frei schwimmende Larve mit lappigen Anhängen hervorgehen, welche durch Metamorphose zur kriechenden Turbellarie wird. (Fig. 208.) Nur selten findet sich neben der geschlechtlichen auch die ungeschlechtliche Fortpflanzung. Die Microstomeen und einige Planarien besitzen die Fähigkeit der Quertheilung und bilden bei guter Ernährung durch rasche Wiederholung

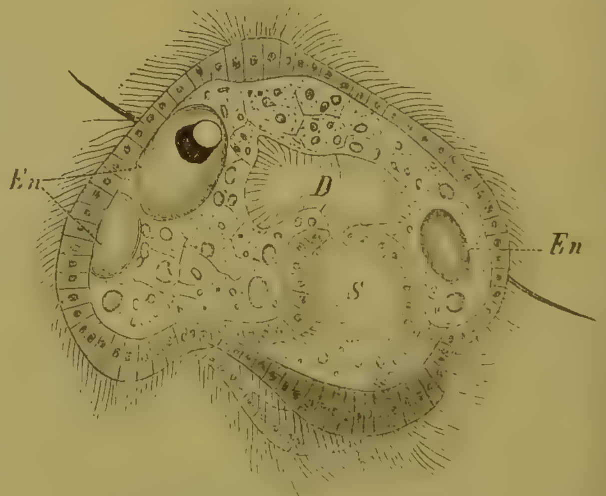


Fig. 208. Larve von Stylochus pilidium (aus Korschelt-Heider nach Goette). *S* Schlund, *D* Darm, *En* Reste von Entodermzellen.

der Theilung eine Kette hintereinander gereihter Individuen, welche sich erst allmählig von einander lösen. Für jedes hintere Thier werden die fehlenden Theile, wie Schlundkopf und Ganglien, neu gebildet, wobei es leicht fällt, ihre Abstammung aus der Haut festzustellen. (Fig. 206.)

I. Unterordnung. *Rhabdocoelen.* Die fast microscopisch kleinen, im Aussehen und in der Lebensweise den Infusorien ähnlichen Thiere haben einen einfachen, stabförmigen Darmblindsack. Im Süsswasser sind am verbreitetsten die *Microstomeen,* bei denen die ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Theilung so sehr überwiegt, dass man äusserst selten Geschlechtsthiere trifft. *Microstomum caudatum.* (Fig. 206.)

II. Unterordnung. *Dendrocoelen.* Die Thiere sind meist ein oder mehrere Centimeter gross, haben einen deutlich dorsoventral abgeplatteten Körper und einen reich verästelten Darm. Bei den ausschliesslich marinen *Polycladen* entspringen vom Centralmagen gleich zahlreiche Blindsäcke: *Thysanozoon Diesingi* Gr., *Leptoplana laevigata* Quatref. (Fig. 60.) Bei den auch im Süsswasser und in feuchter Erde vorkommenden *Tricladen* sendet der Centralmagen 3 weiterhin sich verästelnde Blindsäcke aus, einen medianen nach vorwärts, zwei laterale nach rückwärts. Zu den *„Süsswasserplanarien“* gehört das milchweisse *Dendrocoelum lacteum* Oerst. und die schwärzlichen *Polycelis nigra* O. Schm. und *Planaria polychroa* O. Schm., zu den meist tropischen *„Landplanarien“* das vielfach in Gewächshäusern beobachtete, 35 cm lange *Bipalium Kewense* Moseley. Marin ist *Gunda lobata* O. Schm. (Fig. 207.)

II. Ordnung. Trematoden, Saugwürmer.

Die Saugwürmer sind ausschliesslich Parasiten, welche entweder auf der Haut und den Kiemen (Ectoparasiten) oder in den inneren Organen (Entoparasiten) anderer Thiere leben; in ihrem Bau schliessen sie sich den dendrocoelen Turbellarien auf's engste an nnd sind von ihnen vornehmlich durch Merkmale unterschieden, welche sich unmittelbar auf ihre parasitische Lebensweise zurückführen lassen. Zunächst fehlt den Trematoden das für den Wasseraufenthalt berechnete Wimperkleid der Turbellarien oder tritt nur während des im Wasser sich abspielenden Larvenlebens auf. Dafür ist die Haut mit Apparaten zur Befestigung am Wirth bewaffnet, mit Saugnäpfen und Haken. Die Saugnäpfe sind flache, von dicker Cuticula ausgekleidete Gruben der Körperoberfläche, ausgerüstet mit einer dicken Muskelschicht, welche durch ihre Contraction die Grube vertieft uud ihr Lumen erweitert. Eine Erweiterung des Lumens muss, wenn die Ränder des Saugnapfs fest schliessend auf die Haut des Wirths gepresst werden, ansaugend wirken und eine Befestigung des Parasiten herbeiführen. Bei den Trematoden ist mindestens ein solcher Saugnapf vorhanden, welcher das vordere Ende des Thieres einnimmt und indem er an seinem Grund von der Mundöffnung durchbohrt wird, auch die Nahrungsaufnahme begünstigt. Dazu kommt bei fast allen Formen noch ein zweiter, bauchständiger Saugnapf (Fig. 209) oder eine grössere Zahl von Saugnäpfen und Haken, welche am hinteren Körperende zu einer grossen Haftscheibe vereint sind. (Fig. 210.) Ob zahlreiche Haftapparate vorhanden sind (*Polystomeen*) oder nur 1—2 Saugnäpfe (*Distomeen*), hängt von der Lebensweise ab, wie wir sogleich sehen werden.

Als weitere Folgen des Parasitismus sind die schwache Entwicklung des Nervensystems und die mehr oder minder vollständige Rückbildung der Augenflecke, welche nur noch bei Ectoparasiten vorkommen, zu nennen. Auch der Darm ist meist zu einem Gabeldarm vereinfacht und nur selten noch, wie bei *Distomum hepaticum* (Fig. 211) mit dendritischen Blindsäcken bedeckt. Mit dem Parasitismus hängt endlich die starke Entwicklung des G e s c h l e c h t s - a p p a r a t s zusammen, welcher zur Zeit der Geschlechtsreife den Körper des Thieres zum grössten Theil ausfüllt. Von seiner Beschaffenheit giebt beistehende Zeichnung von *Distomum lanceolatum* eine Vorstellung. (Fig. 209.) Aus zwei Hoden (*h*) führen zwei Vasa deferentia nach vorn, um sich zu vereinigen und eine Samenblase zu erzeugen; der Endabschnitt des vereinigten Ganges kann als ein mit Widerhaken bewaffneter Penis oder Cirrus (*c*) ausgestülpt werden, ist aber für gewöhnlich in einem besonderen Behälter, dem Cirrusbeutel, eingeschlossen. Im weiblichen Apparat ist das Ovar (*o*), oder der Keimstock sehr klein, da er nur kleine, dotterarme Eier liefert; in seiner Aufgabe wird er aber von zwei mächtigen Dotterstöcken (*d*) unterstützt deren Ausführgänge sich mit dem

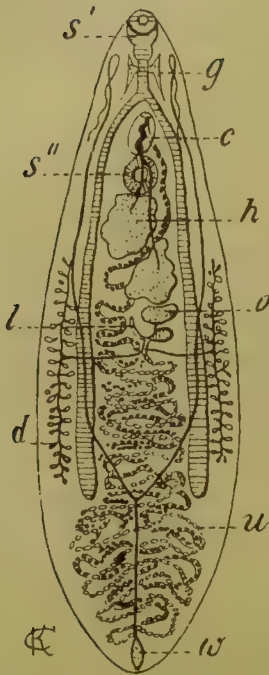


Fig. 209. Distomum lanceolatum. s^1 vorderer, s^2 hinterer Saugnapf; an s^1 schliesst der Pharynx mit dem Gabeldarm an; *h* die beiden Hoden mit den 2 Vasa deferentia, die sich zum Cirrus (*c*) vereinen, daneben mündet der stark gewundene Uterus (*u*), *o* Ovar, dahinter Schalendrüse mit Laurer'schem Gang (*l*), *d* die paarigen Dotterstöcke mit den zur Schalendrüse ziehenden Ausführgängen, *w* Wassergefässe, *g* Ganglien.

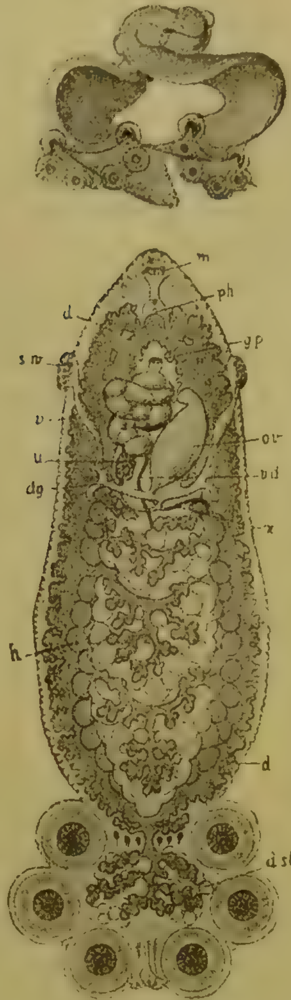


Fig. 210. Polystomum integerrimum (nach Zeller). 2 Thiere in wechselseitiger Begattung, darunter ein Thier stärker vergrössert. *m* Mundöffnung, *ph* Pharynx, *d* verästelter, voll Blut gesaugter Darm, *gp* Porus genitalis, Mündung für Vas deferens (*vd*) und Uterus (*u*), *sw* die Mündungen der paarigen Scheiden (*v*), *h* Hodenbläschen, *ov* Ovar, *dst* Dotterstock, *dg* Dottergänge.

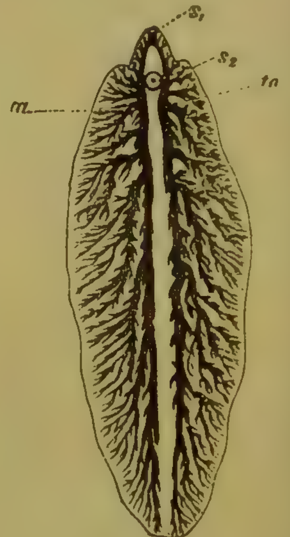


Fig. 211. Distomum hepaticum (aus Boas). s^1 vorderer, s^2 hinterer Saugnapf, *ta* Darmschenkel mit verästelten Blindsäcken (*m*).

Eileiter vereinen. Die Vereinigungsstelle ist durch eine Erweiterung, die Schalendrüse, häufig auch durch die Einmündung eines Receptaculum seminis bezeichnet. Hierhin gelangen vom Keimstock her die Keimzellen einzeln, von den Dotterstöcken dagegen Haufen von Dotterzellen. Von der Schalendrüse wird jede Keimzelle gemeinsam mit einer grösseren Zahl Dotterzellen von einer Schale umschlossen und so das zusammengesetzte Ei fertig gestellt. Die Schale hat die Gestalt eines ovalen Bechers, dessen Mündung durch einen calottenförmigen Deckel geschlossen ist. (Fig. 205.) Von der Schalendrüse führen zwei Wege nach aussen; der eine, welcher dicht neben dem männlichen Geschlechtsapparat oder bei D. hepaticum gemeinsam mit ihm durch den Porus genitalis mündet, füllt sich mit den befruchteten, in Embryonalentwicklung begriffenen Eiern und heisst Uterus (*u.*) Der zweite Canal ist viel kürzer, bei manchen Arten paarig (Fig. 210 *w*) und heisst der Laurer'sche Canal oder die Scheide (*l*). Bei vielen *Polystomeen* dient der Laurer'sche Canal sicher zur Begattung; bei den *Distomeen* ist er dagegen ein functionslos gewordenes, daher bisweilen gänzlich fehlendes Gebilde. Indem hier der Uterus zugleich auch zur Begattung dient, ist die Möglichkeit der Selbstbefruchtung gegeben.

Die Trematoden zerfallen in zwei grosse Gruppen, die *Polystomeen* und die *Distomeen*; die ersteren sind Ectoparasiten, die letzteren Entoparasiten, ein Unterschied in der Lebensweise, welcher weitere Unterschiede im Bau und in der Entwicklungsweise bedingt.

I. Unterordnung. Polystomeen.

Die *Polystomeen* (Fig. 210) leben auf der Haut von wasserbewohnenden Thieren, namentlich von Fischen und Crustaceen, wo sie die zarthäutigen, blutreichen und daher zum Aussaugen besonders geeigneten Organe, die Kiemen, bevorzugen. Da sie bei ihrer oberflächlichen Anheftung in höherem Maasse als die Entoparasiten Gefahr laufen, abgestreift zu werden, besitzen sie kräftigere Klammerorgane, eine reichliche Anhäufung von Saugnäpfen und Haken am hinteren Körperende ausser dem Mundsaugnapf. Ihre Verbreitung von einem Wohnthier auf das andere bietet keine Schwierigkeiten; daher ist auch die Entwicklungsgeschichte nicht complicirt. Die gestielten Eier werden am Aufenthaltsort des Mutterthiers abgesetzt und liefern Larven, welche schon bald nach dem Auskriechen dem fertigen Thiere ähnlich werden.

Zu den interessanteren *Polystomeen* gehört der auf den Kiemen von Karpfen schmarotzende *Gyrodactylus elegans* Nordm. Er gebiert lebendige Junge, welche vor ihrer Geburt schon geschlechtsreif geworden sind und sich fortgepflanzt haben. Noch auffallender ist das ebenfalls auf Cyprinoiden-Kiemen lebende *Diplozoon paradoxun* Nordm., welches seinen Namen dem Umstande verdankt, dass man stets zur Zeit der Geschlechtsreife die Thiere über Kreuz nach Art der Siamesischen Zwillinge verwachsen findet (vergl. Seite 130 Fig. 105). Aus den Eiern kriechen die früher unter dem Namen *Diporpa* beschriebenen Einzelthiere aus, welche erst nachträglich unter einander verwachsen. Jede Diporpa hat zu diesem Zweck einen Rückenzapfen und eine ventrale Sauggrube. Eine paarweise Vereinigung findet statt, indem ein Paarling den Rückenzapfen des anderen mit seiner Sauggrube packt. Dabei verwachsen die Laurer'schen Canäle zum Zweck der gekreuzten Befruchtung mit den Samenleitern des anderen Paarlings. Den Uebergang zum Entoparasitismus vermittelt das *Polystomum integerrimum* Rud. aus der Harnblase des Frosches. Dasselbe lebt anfäng-

lich auf den Kiemen der Kaulquappe; wenn bei der Metamorphose die Kiemen verloren gehen, sucht der Parasit nothgedrungen in der Harnblase einen neuen weichhäutigen Nährboden (Fig. 210).

II. Unterordnung. Distomeen.

Für die entoparasitischen Trematoden, die Distomeen, welche meist im Darm und in dessen Anhangsorganen von Wirbelthieren und anderen Thieren leben, sind zunächst gewisse anatomische Merkmale charakteristisch; als Dunkelbewohner haben sie die Augenflecke verloren, welche nur noch während des Larvenlebens und auch da



Fig. 212. Entwicklung von Distomum hepaticum (aus Korschelt-Heider nach Leuckart). *A* Larve, *B* junge Sporocyste aus der Athemhöhle von Limnaeus, *C* ältere Sporocyste mit Redien im Inneren. *D* Redie, welche im Inneren wieder Redien erzeugt *E* Redie, welche Cercarien erzeugt, *F* Cercarie, *G* eingekapseltes Distomum *A* Augenfleck, *D* Darm, *Dr* Drüsen *Ex* Wassergefässsystem, *G* Geburtsöffnung, *Kz* Keimzellen, *N*. Nervensystem.

nicht immer auftreten. Da sie nicht so sehr Gefahr laufen, aus den von ihnen bewohnten Organen abgestreift zu werden, haben

sie entweder nur den zur Nahrungsaufnahme dienenden Mundsaugnapf oder höchstens noch einen Bauchsaugnapf. Am meisten aber unterscheiden sich die Distomeen von ihren Verwandten durch ihre Entwicklungsweise; der durch den Entoparasitismus nothwendig gewordene Wirthswechsel hat zu einem durch Metamorphose complicirten, äusserst interessanten Generationswechsel, richtiger gesagt Heterogonie, geführt. (Fig. 212.)

Wenn die Eier aus dem Uterus entleert werden, sind die ersten Stadien der Entwicklung schon abgelaufen und ist ein zum Ausschlüpfen reifer Embryo vorhanden. Derselbe hat zu seiner Weiterentwicklung nothwendig, dass das Eimaterial mit den Fäcalien oder Excreten des Wirths entleert wird und in das Wasser gelangt. Im Wasser wird der Deckel der Eischale abgeworfen und es kriecht eine Larve aus (*A*), welche entweder wie ein Turbellar über und über, oder nur am vorderen Ende oder überhaupt nicht bewimpert ist. Kriechend oder mit den Wimpern schwimmend suchen sich die jungen Thiere ein neues Wohnthier aus dem Stamme der Mollusken, eine Muschel oder Schnecke, auf, um sich unter Verlust des Wimperkleides einzubohren und durch reichliche Nahrungsaufnahme zu einem Körper heranzuwachsen, den man je nach seinem Bau *Sporocystis* (*B. C*) oder *Redia* (*D. E*) nennt. Die Redia ist höher organisirt, hat einen Darm mit musculösem Pharynx, zwei stummelartige Fortsätze am hinteren Körperende und eine in's Körperinnere führende Geburtsöffnung, Einrichtungen, die dem Keimschlauch oder dem Sporocystis fehlen. Beiden Formen gemeinsam ist das Wassergefässsystem und ein Haufen kleiner, das Körperinnere hauptsächlich füllender „Keimkörner". Letztere entwickeln sich durch einen an die Eifurchung erinnernden Theilungsprocess zu den *Cercarien* (*F*), jungen Thieren, welche in ihrer Körpergestalt an Kaulquappen erinnern, da sie wie diese einen rundlichen Körper mit einem Ruderschwanz haben. Ihr Körper hat schon vollkommen den Bau eines geschlechtslosen Distomum. Stets ist ein vorderer Saugnapf vorhanden, an welchen sich ein musculöser Pharynx mit einem Gabeldarm anschliesst; dazu kommt noch bei den meisten Arten ein ventraler Saugnapf. Ferner zeigt das Wassergefässsystem und das Nervensystem schon die Anordnung wie bei dem reifen Thier; nur die Geschlechtsorgane sind unentwickelt und bestehen aus einem indifferenten Zellenhaufen. Die Cercarien müssen auf's Neue das Wohnthier verlassen. In Aquarien sieht man daher manchmal Schnecken und Muscheln von einer Wolke kleiner Körperchen umgeben; das sind die ausgewanderten Cercarien, welche im Wasser schwimmend sich einen neuen Wirth aufsuchen, ein Reptil, Amphibium, einen Fisch, Arthropoden oder wiederum ein Mollusk. Sie dringen unter Verlust des Ruderschwänzchens ein, umgeben sich mit einer Hülle und werden zum eingekapselten Distomum (Fig. 210 *G*). Dieses bleibt im Ruhestand, bis es auf passivem Wege, durch Verfütterung, wieder in das erste Wohnthier gelangt, in welchem es die zur Erlangung der Geschlechtsreife günstigen Bedingungen vorfindet.

Wie nachstehendes Schema (b) lehrt, vertheilt sich der typische Entwicklungsgang eines Distomum auf 3 Wohnthiere mit Einschaltung eines doppelten Wasseraufenthalts; er setzt sich ferner aus 2 Generationen zusammen, von denen die eine vom befruchteten Ei des Distomum bis zur Redie, resp. Sporocystis reicht, die zweite mit dem unbefruchteten Ei der letzteren beginnt und sich durch Cercarie und eingekapseltes Distomum zum geschlechtsreifen Distomum entwickelt. Eine ungeschlechtliche Fortpflanzung

durch Knospung oder Theilung kommt nicht vor: es wechselt eine befruchtete und eine parthenogenetische Generation; somit liegt bei den Trematoden die besondere Form des Generationswechsels vor, welche man **Heterogonie** nennt.

Entwicklungsweisen der Distomeen.

	a. vereinfachte	
I. Generation	Larve	Wasser
	Sporocystis oder Redia	Wohnthier I (Mollusk)
II. Generation	eingekapseltes Distomum	Wohnthier I
	geschlechtsreifes Distomum	Wohnthier II

	b. gewöhnliche	
I. Generation	Larve	Wasser
	Sporocystis oder Redia	Wohnthier I (Mollusk)
II. Generation	Cercarie	Wasser
	eingekapseltes Distomum	Wohnthier II
	geschlechtsreifes Distomum	Wohnthier III

	c. complicirtere	
I. Generation	Larve	Wasser
	Sporocystis	Wohnthier I (Mollusk)
II. Generation	Redia	„
III. Generation	Cercarie	Wasser
	eingekapseltes Distomum	Wohnthier II
	geschlechtsreifes Distomum.	Wohnthier III

Die soeben gegebene Schilderung passt für die Mehrzahl der Distomeen, aber nicht für alle; bei manchen Formen kann die Entwicklung eine Vereinfachung, bei anderen eine Complication erfahren. So fällt z. B. bei *Monostomum mutabile* das Cercarienstadium aus und aus dem Ei des Sporocystis entsteht direct ein geschlechtsloses Distomum, welches ohne den Zwischenwirth zu verlassen sich einkapselt (Tabelle a). Umgekehrt ist bei *Distomum hepaticum* die Zahl der Generationen vermehrt, indem der aus der Larve entstandene Sporocystis mehrere Generationen von Redien erzeugt, deren letzte erst Cercarien zur Entwicklung bringt (Tabelle c).

Die entoparasitischen Trematoden zerfallen nach der Zahl ihrer Saugnäpfe in die beiden Familien der *Monostomiden* und *Distomiden*. Letztere verdienen besonderes Interesse, indem einige gefährliche Parasiten des Menschen und der Haussäugethiere hierher gehören. Am bekanntesten sind:

Distomum hepaticum L. (Fig. 211), der Leberegel, ein 2—3 cm grosses Thier von der Gestalt eines Kürbiskerns. Der Wurm lebt in den Gallengängen des Schafes, äusserst selten in denen des Menschen (sicher constatirt sind etwas über 20 Fälle), verstopft dieselben und bedingt durch die Verhinderung des Gallenabflusses und die damit zusammenhängende Entzündung eine unter dem Namen Leberfäule bekannte, schwere, allmählig zum Tode führende Krankheit. Zwischenwirth ist eine auf feuchten Wiesen mancherorts häufige Schnecke, der **Limnaeus minutus**, womit es zusammenhängt, dass die Schafe von der Krankheit hauptsächlich nur da zu leiden haben, wo sie im Sommer zur Fütterung aus dem Stall auf feuchte Wiesen getrieben werden; die Cercarien scheinen in keinen neuen Zwischenwirth einzudringen, sondern sich an Wasserpflanzen einzukapseln. Ferner erklärt sich aus der Entwicklungsweise der Umstand, dass regenreiche Jahre zur Ausbreitung der Erkrankung wesentlich beitragen. So sind z. B. in England im regenreichen Jahre 1830 ca. $1\frac{1}{2}$ Millionen, 1812 nur in der Umgegend von Arles 300 000 Schafe dem Uebel erlegen. Ein häufiger Begleiter des D. hepaticum ist das

D. lanceolatum Mehlis, nur 1 cm lang und wenige mm breit, in Folge seiner geringen Körpergrösse nicht so gefährlich wie das vorige. (Fig. 209.)

D. haematobium Bilharz (Fig. 213) ist ein Parasit des Menschen, welcher in heissen Klimaten, besonders häufig bei den Fellahs Aegyptens beobachtet wird. Das Thier ist getrennt geschlechtlich; das ca. 1 cm lange Männchen bildet durch Einrollen seiner Seitenränder einen unvollkommen geschlossenen ventralen Canal, den Canalis gynaecophorus, in welchem meist das schlankere Weibchen eingebettet liegt. So findet man die Thiere paarweis vereint im Blut der Pfortader und in den mit ihr anastomosirenden Venen. Sie steigen dem Blutstrom entgegen in den Capillarbezirk, um in der Schleimhaut der Ureteren und der Blase ihre Eier abzusetzen. In Folge der so entstehenden eitrigen Entzündung bildet sich der sogenannte Milchharn, oder der Harn sieht in Folge von Blutungen roth aus; als sicheres Kennzeichen der Krankheit findet man im Harn die sehr charakteristischen Eier vor.



Fig. 213. Distomum haematobium (aus Leukart). Weibchen im Canalis gynaecophorus des Männchen.

Dem *Distomum hepaticum* stehen einige aussereuropäische Formen sehr nahe: *D. crassum* Busk., *D. spathulatum* Lckt. (*D. sinense* Cobb.), *D. conjunctum* Cobb. in Asien in Darm und Leber des Menschen, *D. pulmonale* Bälz. in der Lunge des Menschen. In Nordamerika wird unser D. hepaticum von *D. carnosum* Hassall ersetzt. Als eingekapselte Jugendzustände wurden im Menschen gelegentlich gefunden *D. ophthalmobium* Dies. in der Linsenkapsel, *Monostomum lentis* v. Nordm. in der Linse.

III. Ordnung. Cestoden, Bandwürmer.

Von den entoparasitischen Trematoden unterscheidet sich die Mehrzahl der ebenfalls entoparasitischen Cestoden, namentlich alle im menschlichen Darm vorkommenden, in ganz auffälliger Weise. Die Grenze beider Gruppen wird jedoch durch gewisse in niederen Wirbelthieren oder in Wirbellosen lebende Formen, wie *Archigetes*, *Caryophyllaeus* und *Amphilina* verwischt, welche bald zu den Trematoden, bald zu den Cestoden gerechnet worden sind. Um hier eine feste Abgrenzung zu ermöglichen, stellen wir als wichtigstes Merkmal der Cestoden in den Vordergrund, dass sie in Folge der parasitischen Lebensweise auch die letzten Spuren des Darms verloren haben. Die Cestoden sind darmlos und ernähren sich von den Gewebssäften oder dem Speisebrei ihrer Wirthe, indem sie die flüssige Nahrung durch die Haut direct in ihr Körperparenchym aufnehmen. Ihre oberflächlichste Schicht, welche man Cuticula nennt, obwohl sie wahrscheinlich eher als Basalmembran eines verloren gegangenen Körperepithels aufzufassen ist, besitzt zu diesem Zweck feine Porencanäle, welche die Resorption der Nahrung ermöglichen.

Erst innerhalb der Ordnung kommen zwei weitere Merkmale zur Ausbildung, welche allerdings so auffällig sind, dass man an sie zunächst denkt, wenn von Bandwürmern die Rede ist: 1. die Differenzirung von zweierlei Entwicklungszuständen: der im Bindegewebe parenchymatöser Organe (Muskel, Leber, Hirn etc.) lebenden Finnen (Blasenwürmer oder Cysticerken) und der im Darm schmarotzenden geschlechtsreifen

Thiere, 2. die Gliederung der letzteren in zahlreiche auf einander folgende Stücke, den Kopf oder Scolex und die Glieder oder Proglottiden. Da wenigstens das letztere Merkmal für alle im menschlichen Darm lebenden und daher am meisten untersuchten Formen gilt, wollen wir bei unserer Darstellung mit derartigen typischen Formen beginnen.

Bau des Bandwurms.

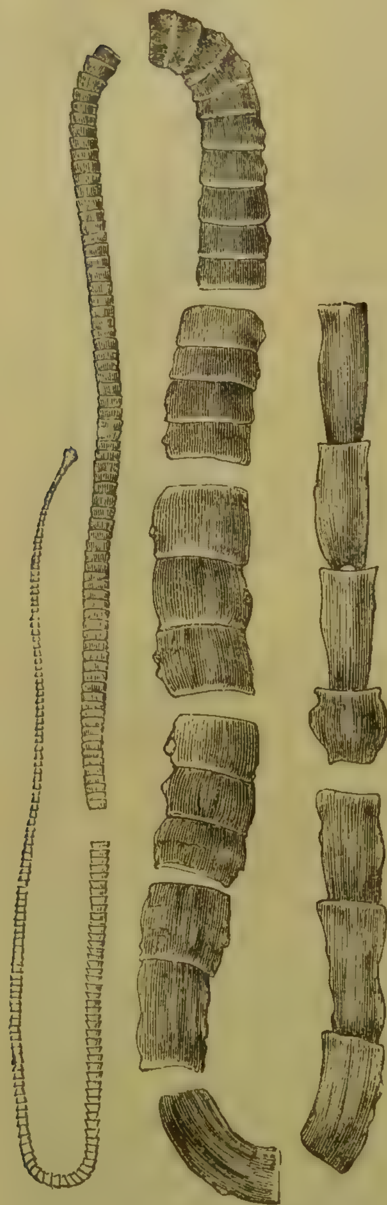


Fig. 214. Taenia saginata (aus Boas nach Leuckart) Kopf mit Reihen von Proglottiden, welche verschiedenen Gegenden der Kette entnommen worden sind.

Die Zusammensetzung des geschlechtsreifen Bandwurms (Fig. 214) aus zahlreichen Stücken bringt es mit sich, dass derselbe die ausserordentliche Länge von vielen Fussen oder gar Metern erreichen kann; die Stücke sind in einer Linie bandförmig hinter einander gereiht, zuvorderst der stets in Einzahl vorhandene Scolex, dahinter die Proglottiden, deren Zahl bei manchen kleinen Formen (*T. echinococcus*) auf 3 beschränkt ist, bei den grösseren (den Menschentaenien) über 1000 betragen kann. Die Proglottiden sind die Abkömmlinge des Scolex, indem sie durch eine Art Knospung vom hinteren Ende desselben abgeschnürt werden. Diese Entwicklungsweise erklärt uns die auch in weiteren Kreisen bekannte Thatsache, dass ein Bandwurmleiden nicht gehoben ist, so lange der Scolex noch im Darm verbleibt und neue Proglottiden zu bilden vermag; ferner erklärt sie uns die eigenthümliche Gestalt des Bandwurms, welcher am vorderen Ende dünn wie ein Wollenfaden ist, nach rückwärts dagegen zu einem breiten Band wird. Denn bei ihrer ersten Bildung sind die Proglottiden klein, sie wachsen erst vermöge selbständiger Ernährung zu ansehnlicher Grösse heran, um sich am hinteren Ende abzulösen und allein weiter zu leben, wenn ein bestimmtes Maass des Wachsthums erreicht ist. Bei der im Menschendarm schmarotzenden *Taenia solium* sind z. B. die neugebildeten Proglottiden in der Nähe des Kopfs queroblong, 0,5 mm breit und 0,01 mm lang, die gereiften Proglottiden des hinteren Endes dagegen sind längsoblong, 5 mm breit und 12 mm lang.

Kopf und Proglottiden haben eine Summe gemeinsamer Merkmale. Ihr bindegewebiges Parenchym enthält zahlreiche, rundliche Kalkconcretionen und besteht aus zwei Schichten, einer Rinden- und einer Marksubstanz. Erstere enthält vorwiegend die Muskulatur, letztere die übrigen Organe. Durch die ganze Länge des Bandwurms erstrecken sich das Nerven- und das Wassergefässsystem. Im Kopf lassen sich noch die paarigen Hirnganglien der Plattwürmer erkennen, wenn sie auch häufig durch starke Entwicklung der Commissur zu einer unpaaren Masse verschmolzen (Fig. 216) oder durch accessorische, durch die Haftorgane bedingte Theile einigermassen verdeckt sind. Nach

rückwärts entsenden sie zwei Stränge, welche durch sämmtliche Proglottiden nahe den Seitenkanten verlaufen (Fig. 219). Die beiden Seitennerven werden in ganzer Länge von zwei Längscanälen des Wassergefässsystems begleitet, welche im Kopf sowohl wie am hinteren Rand einer jeden Proglottis durch quere Stämme verbunden sind. Sie münden meist nur in der letzten Proglottis nach aussen und führen die Excretstoffe aus dem vortrefflich entwickelten, mit Flimmerläppchen reichlich versehenen Capillarsystem ab. Bei vielen Arten werden mehr als zwei, selbst bis zu zehn Längsgefässe beobachtet.

Scolex.

Während bis dahin Scolex und Proglottiden übereinstimmten, so unterscheiden sie sich im Uebrigen, indem die Proglottiden die Geschlechtsorgane tragen, der Scolex dagegen mit Haftorganen ausgerüstet ist, weil er ausser der Aufgabe, Proglottiden zu erzeugen, noch die Function hat, den Wurm im Darm zu befestigen. Die wichtigsten Haftorgane sind die Saugnäpfe; weniger kräftig wirken Haken, welche entweder in grösserer Zahl in einem Hakenkranz vereinigt stehen oder von besonderen aus- und einstülpbaren Rüsseln getragen werden. (Fig. 215, 216, 217, 226.)

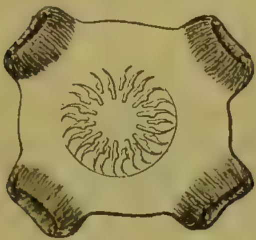


Fig. 215. Kopf von Taenia solium von oben gesehen (aus Hatschek).



Fig. 216. Kopf von Tetrarhynchus viridis, geöffnet um den im Innern verlaufenden Theil der Rüssel und das Ganglion (*g*) zu zeigen (nach Wagener).

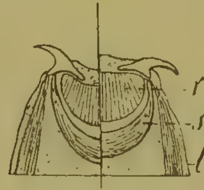


Fig 217. Schema der Rostellumwirkung. Rechts von der Linie ist das Rostellum vorgestossen, der Hakenkranz umgelegt, links ist das Rostellum zurückgezogen, der Hakenkranz aufgerichtet. *r* Rostellum, *s* Scheide, *l* longitudinale Muskeln.

Wo ein Hakenkranz vorhanden ist, liegt derselbe um das vordere Ende herum auf dem Stirnfeld und wird von einem besonderen Apparat, dem Rostellum, bewegt; das letztere ist ein Zapfen, welcher durch die Contractionen einer musculösen Scheide hervorgepresst werden kann und dabei das Stirnfeld emporwölbt, bei Erschlaffung der Scheide dagegen in das Parenchym des Kopfes zurückgleitet. Jeder Haken ist mit seiner Spitze nach auswärts gekrümmt und geht an seiner Basis in 2 Wurzeln aus, von denen die eine auf dem Rostellum ruht. Wird dieses hervorgepresst, so muss es auf die innere Hakenwurzel wirken; der bis dahin aufrecht stehende Haken wird umgelegt und in die Darmschleimhaut des Wirthes eingeschlagen. (Fig. 217.)

Proglottiden.

Die Geschlechtsorgane sind hermaphrodit und in ebenso grosser Anzahl vorhanden als die Proglottiden, so dass diese früher als die mit eigenen Fortpflanzungsorganen ausgerüsteten Geschlechtsindividuen eines Thierstocks angesehen wurden. In der Ausbildung der Organe muss man zwei Grundformen unterscheiden, von denen die eine sich vermöge der Anwesenheit eines Dotterstocks und der getrennten Mündung von Uterus und Scheide an den Geschlechtsapparat der Tre-

matoden auf's engste anschliesst, während bei der zweiten Form der Uterus blind endet und die Dotterstöcke durch die kleine Eiweissdrüse ersetzt sind.

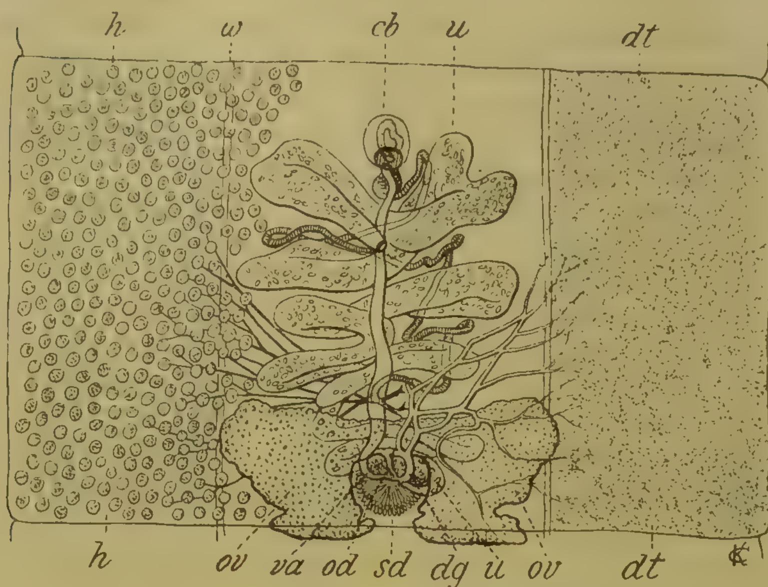


Fig. 218. Proglottis von Bothriocephalus latus (nach Sommer), rechts ist nur der Dotterstock, links nur der Hoden dargestellt. *dt* Dotterstock, *dg* Dottergang, *ov* Eierstock, *od* Oviduct, *sd* Schalendrüse, *va* Vagina, *u* Uterus; *h* Hodenbläschen, *vd* dunkel schraffirtes Vas deferens, *cb* Cirrusbeutel gemeinsam mit der Vagina mündend; *w* Wassergefässcanäle.

Bothriocephalus. Als Beispiel der ersten Form sei hier der Geschlechtsapparat der *Bothriocephaliden* geschildert. (Fig. 218.) Bei demselben liegen zahlreiche Hodenbläschen im Parenchym zerstreut. Die kleinen Vasa deferentia vereinigen sich nach und nach zu einem Hauptcanal, welcher nahe dem vorderen Rand in der Mittellinie der Proglottis mündet. Der Endabschnitt des Canals functionirt als Penis und kann aus einer besonderen Umhüllung, der Penistasche oder dem Cirrusbeutel, ausgestülpt werden. Im weiblichen Geschlechtsapparat haben wir zunächst Keimstock und Dotterstock auseinanderzuhalten. Der Keimstock ist eine zweilappige Drüse am hinteren Rand der Proglottis und producirt kleine, dotterarme Eier; der Dotterstock dagegen besteht aus zahlreichen Läppchen, welche ähnlich den Hodenbläschen im Parenchym zerstreut liegen. Der unpaare Ausführweg des Keimstocks und die paarigen Sammelcanäle der Dotterstöcke vereinigen sich zu einer drüsenreichen Ausweitung, der Schalendrüse, in welcher je eine Keimzelle mit einer grösseren Zahl Dotterzellen zu einem zusammengesetzten Ei vereinigt und mit einer gedeckelten Schale versehen wird. Von der Schalendrüse führen 2 Canäle nach aussen, der eine, die Scheide, mündet mit dem männlichen Geschlechtsapparat gemeinsam durch den Porus genitalis, der andere, der Uterus, mündet etwas weiter zurück selbständig; er enthält die reifen und in Entwicklung begriffenen Eier, welche zur Zeit der Geschlechtsreife sich so massenhaft anhäufen, dass der Uterus sich in viele Windungen legen muss, wodurch eine blumenartige Figur (die Wappenlilie der Autoren) entsteht.

Taenia. Bei der zweiten Form des Geschlechtsapparats, welche vornehmlich den *Taenien* zukommt (Fig. 219), ist der männliche Apparat im Wesentlichen so wie bei Bothriocephalus gebaut, nur ist die Ausmündung gewöhnlich seitenständig und liegt abwechselnd auf der rechten und der linken Kante des Körpers. Von den weiblichen Organen ist der Keimstock zweilappig wie bei Bothriocephalus, die Dotterstöcke dagegen fehlen und sind durch eine unpaare Eiweissdrüse ersetzt, welche sich dicht am hinteren Proglottisrand zwischen die Lappen des Keimstocks einschiebt und gemeinsam mit diesem eine nierenförmige Figur erzeugt. Die Ausführwege

von Keimstock und Eiweissdrüse vereinigen sich in der Schalendrüse, von welcher — zunächst noch in Uebereinstimmung mit Bothriocephalus — 2 Canäle, Scheide und Uterus, ausgehen. Während nun aber die Scheide im Bogen zum seitlich gelegenen Porus genitalis verläuft und mit dem

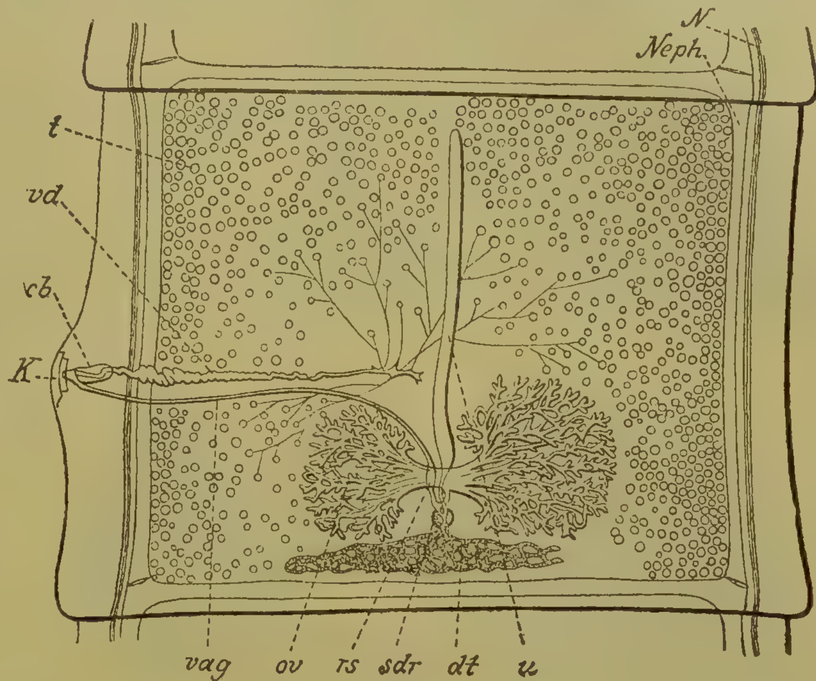


Fig. 219. Proglottis von Taenia saginata in Reifung der Geschlechtsorgane begriffen (aus Hatschek nach Sommer). *N* Nervenstrang, *Neph* Wassergefäss, *t* Hoden, *vd* Vas deferens, *cb* Cirrusbeutel, *K* Porus genitalis, *vag* Vagina, *ov* Ovar. *rs* Receptaculum seminis, *sdr* Schalendrüse, *dt* Eiweissdrüse, *u* Uterus.

Cirrusbeutel gemeinsam in einer kleinen Nische, dem Antrum genitale, mündet, besitzt der Uterus keine Oeffnung nach aussen. Er ist ein Blindschlauch, welcher in der Mittellinie der Proglottis verläuft und, wenn er sich mit Embryonen füllt, seitlich Blindsäcke treibt, anstatt sich wie bei Bothriocephalus in Windungen zu legen. (Vergl. S. 238 Fig. 226.)

Der Unterschied im Geschlechtsapparat hat auch Einfluss auf die Beschaffenheit der Eier. (Fig. 220.) Bei *Bothriocephalus* sind dieselben

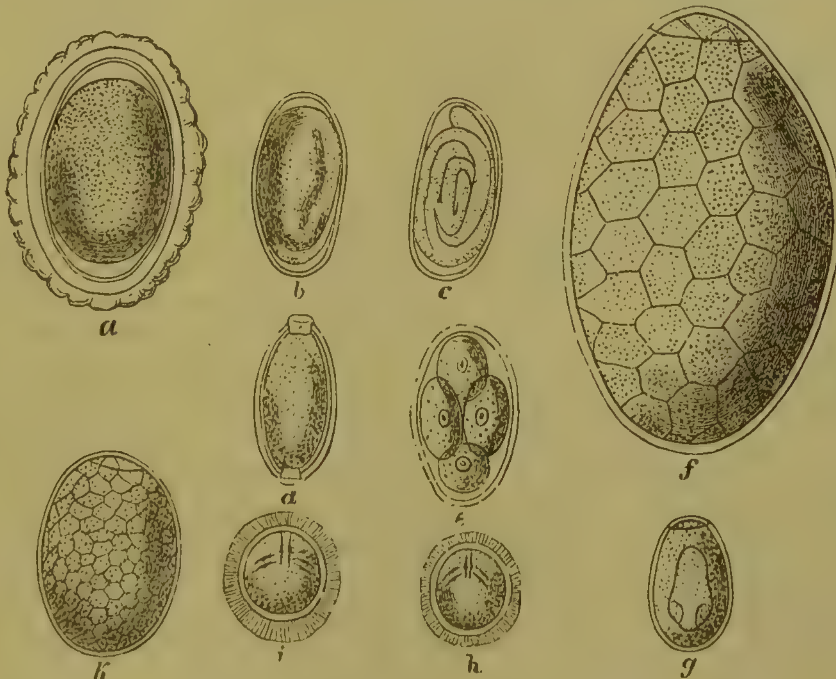


Fig. 220. Eier von Helminthen des menschlichen Darms bei 400facher Vergrösserung (aus Leuckart). *a* Ascaris lumbricoides. *b* und *c* Oxyuris vermicularis, *d* Trichocephalus dispar, *e* Dochmius duodenalis, *f* Distomum hepaticum, *g* Distomum lanceolatum, *h* Taenia solium, *i* Taenia saginata, *k* Bothriocephalus latus.

gross (*k*), haben eine derbe Schale mit Deckel und enthalten eine kleine Keimzelle nebst zahlreichen Dotterzellen; die *Taenieneier* (*h*, *i*) sind klein, von einer Eiweisshülle mit feiner Schale umgeben, welche frühzeitig verloren geht. Statt ihrer bildet sich eine Embryonalschale, ein radialgestreifter Saum, welcher vom Embryo auf einem ziemlich vorgerückten Stadium der Entwicklung ausgeschieden wird. In diesem Zustand bekommt man die Taenieneier meistens zu Gesicht.

Entwicklung der Bothriocephalen.

Mit der verschiedenen Beschaffenheit des Geschlechtsapparats geht weiter Hand in Hand eine verschiedene Entwicklungsweise. Auch hier erinnern die *Bothriocephalen* an die Trematoden: ihre Eier müssen zur weiteren Ausbildung in das Wasser gelangen; im Wasser tritt aus ihnen eine Flimmerlarve hervor, welche einen ovalen Körper mit sechs Haken, den „sechshakigen Embryo" (Onkosphaera), enthält. (Fig. 221.)

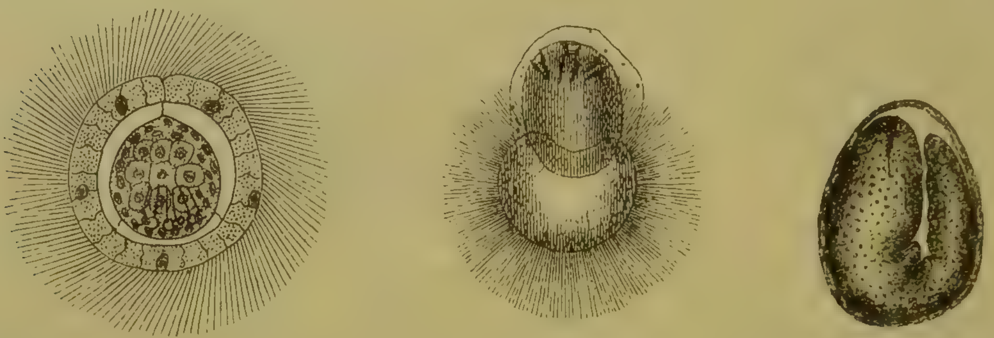


Fig. 221. Entwicklung von Bothriocephalus (aus Leuckart), Flimmerlarve; Flimmerlarve mit herausgepresstem, sechshakigem Embryo; eingekapselter junger Bothriocephalus.

Die Flimmerhülle ist vergänglicher Natur und wird wie das Flimmerkleid der Trematodenlarve abgestreift; die „sechshakige Larve" dringt in Fische ein, um sich in den Muskeln und Eingeweiden derselben mit einer dünnen Cyste zu umgeben (Plerocercoid) und sich direct in den Kopf eines Bothriocephalus zu verwandeln, welcher, durch Verfütterung in den Darm eines geeigneten Wirths gebracht, zum geschlechtsreifen Thier heranwächst.

Entwicklung der Taenien.

Wesentlich davon verschieden ist der schon seit längerer Zeit festgestellte und in weiteren Kreisen bekannte Entwicklungsgang der *Taenien.* Der Unterschied ist schon früh erkennbar, indem der auch hier vorhandene sechshakige Embryo kein Flimmerkleid erhält, sondern von der oben erwähnten, dem Flimmerkleid entsprechenden Embryonalschale umhüllt wird. Aus diesem selbstgefertigten Behälter, welchen es selbst nicht sprengen kann, muss das junge Thier durch die Verdauungssäfte im Magen eines geeigneten Zwischenwirths befreit werden. So müssen die Eier von *Taenia solium* in den Magen des Schweins gelangen, indem das Schwein durch Verunreinigung seiner Nahrung die mit Embryonen gefüllten, mit den Fäcalien abgehenden reifen Proglottiden oder auch die durch Platzen der Uterusblindsäcke frei gewordenen Eier verzehrt. Aus ihrer Schale befreit, bohren sich die microscopisch kleinen Larven mit ihren sechs Haken durch die Darmschleimhaut, wandern durch das lockere Bindegewebe vornehmlich in die Muskeln, seltener in andere Organe ein und setzen sich hier fest, um zu Finnen (Cysticerken) zu werden. (Fig. 222.) Sie lassen dabei die eigentliche Muskelsubstanz, die Sarkolemm-

schläuche unberührt und bleiben im Bindegewebe des Muskels. Bei der Umwandlung zur Finne nehmen sie eine ovale Gestalt an und scheiden eine Cyste aus, zu welcher das Schwein noch eine den Fremdkörper abkapselnde, bindegewebige Hülle liefert. Die Finnenanlage wächst durch Zunahme der Zellen, mehr aber noch durch Infiltration mit einer serösen Flüssigkeit, welche alle Gewebebestandtheile nach der Peripherie zu einer zarten durchscheinenden Membran zusammendrängt und so reichlich sein kann, dass bei Taenia solium das anfangs microscopisch kleine Thier zu einem Bläschen von Erbsen- oder Bohnengrösse, bei anderen Taenien sogar von der Grösse eines Hühnereies wird. Die Wandung des Bläschens bildet durch Einstülpung die Anlage des Scolex (Fig. 222 *c*); letzterer hat Anfangs die Gestalt eines Säckchens, wächst aber bald zu einem Schlauch aus, welcher an seiner Ausdehnung durch eine Hülle, das Receptaculum scolicis, behindert wird und sich daher winkelig einknicken muss (*d, e*). In der Finnenwand erscheint deswegen der Scolex als eine weissliche Anschwellung.

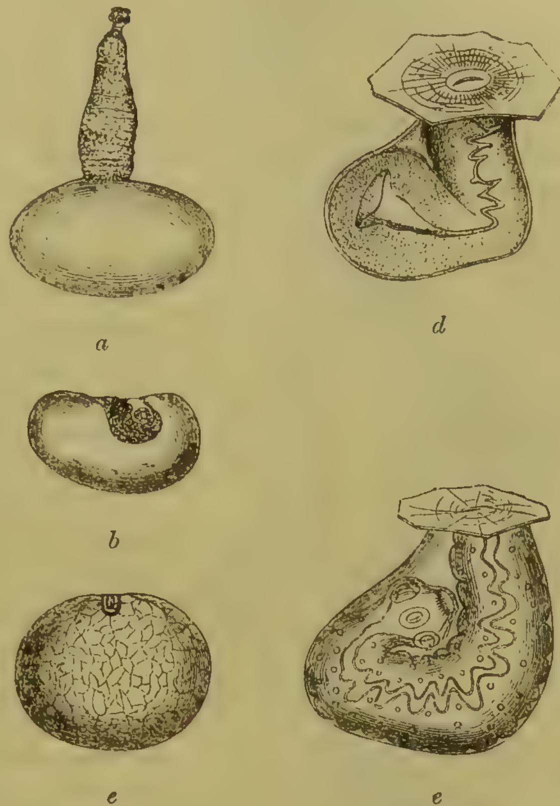


Fig. 222. Bau und Entwicklung der Finne von Taenia solium (Cysticercus cellulosae). *a* reife Finne mit ausgestülptem Kopf (schwach vergrössert), *b* reife Finne mit eingestülptem Scolex, *c* junge Finne mit Anlage des Scolex und mit Wassergefässnetz, *d, e* zwei Ausbildungsstufen des Scolex allein dargestellt bei stärkerer Vergrösserung.

Am Grund des eingestülpten Blindsacks entsteht die charakteristische Bewaffnung des Scolex, welche es ermöglicht, mit Sicherheit vorauszusagen, welcher Bandwurm aus der Finne hervorgehen wird; speciell bei *T. solium* bilden sich vier Saugnäpfe und ein Hakenkranz. Diese Theile sind zunächst einwärts geschlagen und kommen erst in richtige Lage auf die Aussenseite des Scolex, wenn die Anlage des letzteren wie ein Handschuhfinger umgestülpt wird die Umstülpung tritt jedoch in der Cyste nicht ein, sowie auch zumeist die Bildung der Proglottiden und damit der Eintritt der Geschlechtsreife unterbleibt. Die Weiterentwickelung setzt voraus, dass die Finne als Nahrung mit dem Fleisch, in welchem sie enthalten ist, in den Magen eines geeigneten, neuen Wirths gelangt. Wenn der Mensch z. B. finniges Schweinefleisch geniesst, so werden durch die Einwirkung der Magensäfte die Finnen befreit und im weiteren Verlauf die Scolices ausgestülpt; den letzteren hängen eine Zeit lang noch die eigentlichen Finnen als sogenannte Schwanzblasen an, bis auch diese den Verdauungssäften erliegen, worauf der Scolex mit der Bildung der Proglottiden beginnt.

Wenn die Finnen eine bedeutende Grösse erreichen, so erhalten sie damit zugleich die Fähigkeit, mehr als einen Scolex zu erzeugen. Die im

Modificationen und Deutung der Entwicklung der Bandwürmer.

Hirn der Schafe lebenden Finnen von *Coenurus cerebralis* sind auf ihrer Innenwand mit Hunderten von Scolices bedeckt; noch grösser ist die Zahl bei *Taenia echinococcus*, bei welcher die Finne sich längere Zeit durch Knospung vermehrt und durch Abschnürung zahlreicher Tochterblasen eine bedeutende Geschwulst besonders in Lunge und Leber von Hausthieren und Menschen erzeugt, ehe die Bildung der Scolices beginnt. Zunächst entstehen hier im Innern einer Tochterblase mehrere Brutblasen, von welchen eine jede wiederum mehrere Scolices producirt, sodass aus einem 6 hakigen Embryo Tausende von Scolices hervorgehen können. (Fig. 227.) Diesen extremen Fällen zunehmender Complication des Finnenstadiums stehen Zustände gegenüber, welche zu dem Entwicklungsgang von Bothriocephalus überleiten, indem das Finnenstadium durch das Cysticercoid ersetzt wird. Da hier die Infiltration mit Flüssigkeit unterbleibt, wird der Scolex von seiner der Finnenwand entsprechenden Hülle direct und eng umfasst. Was man Finne nennt, gewinnt den Charakter des hinteren vergrösserten Scolexendes, in welches das vordere zurückgezogen worden ist. (Fig. 223.)



Fig. 223. Cysticercoid im eingestülpten und ausgestülpten Zustand (aus Hatschek).

Das Gesagte ist für die richtige Beurtheilung der Entwicklung der Bandwürmer von grosser Wichtigkeit. Früher deutete man die Entwicklung als einen complicirten Generationswechsel; die Finne sei die Grossamme, welche durch endogene Knospung den Scolex erzeuge; der Scolex wiederum sei eine Amme, von welcher durch terminale Knospung die Geschlechtsthiere, die Proglottiden, gebildet würden; der Bandwurmkörper selbst sei eine Kette von Individuen, eine Strobila. Diese Vorstellung, so praktisch sie auch für den Anfänger ist, um sich den Entwicklungsgang einzuprägen, und so sehr sie auch auf den ersten Blick einleuchtet, ist doch nicht aufrecht zu erhalten, da sie an zwei Fehlern leidet. Erstens ist die Finne, wie oben gezeigt wurde, keine selbständige Generation, sondern nur das verfrüht sich anlegende hintere Ende des Scolex. Zweitens ist der Bandwurmkörper keine Colonie, sondern ein einheitliches Thier; die Proglottiden sind nicht Individuen, sondern individualisirte Stücke dieses einheitlichen Thieres. Man kann diese Auffassung durch Vergleich der einzelnen Bandwurmfamilien beweisen. Die *Caryophyllaeiden* sind einheitliche Körper, deren vorderes Ende sich verlängert und die Stelle des Scolex vertritt, während das hintere verbreiterte Ende einen einzigen hermaphroditen Geschlechtsapparat enthält. (Fig. 224.) Ihnen schliessen sich die *Liguliden* an, bei denen der Geschlechtsabschnitt des Körpers noch ungegliedert ist, an Grösse aber zugenommen hat, weil zahlreiche Geschlechtsapparate in ihm entstanden sind. In dieser Vervielfältigung des Geschlechtsapparats ist der Grund zu suchen, dass das hintere Ende des Bandwurms sich in viele Stücke, die Proglottiden, abgetheilt hat.

Historisches.

Ueber die besprochenen Entwicklungserscheinungen der Bandwürmer hat vornehmlich das Experiment Klarheit verschafft. Nachdem v. Siebold und Andere schon früher bewiesen hatten, dass die Scolices mancher Finnen den Scolices vieler geschlechtsreifer Bandwürmer genau entsprächen, z. B. der Scolex von *Cysticercus cellulosae* des Schweins dem Scolex von *Taenia solium* des Menschen, haben Küchenmeister und Leuckart die Frage

experimentell entschieden. Zum Tode verurtheilte Verbrecher, welche frei von Bandwürmern waren, wurden einige Tage oder Monate vor der Enthauptung mit finnigem Schweinefleisch ernährt und enthielten beim Tode die mehr oder minder weit entwickelten Individuen von *Taenia solium;* ferner wurden Schweine finnig gemacht, indem man sie Proglottiden von *Taenia solium* verzehren liess. Nachdem die Ungefährlichkeit des zuerst genannten Experiments festgestellt war, haben viele Experimentatoren an sich selbst die Versuche weiter fortgesetzt. Durch ähnliche Experimente wurde von Braun bewiesen, dass Hechte, welche eingekapselte *Bothriocephalen* enthalten, den Menschen mit dem breiten Bandwurm, *B. latus,* inficiren können.

1. Fam. *Caryophyllaeiden.* Bandwürmer ohne Saugnäpfe, mit einfachem Geschlechtsapparat, bei denen Scolex und Proglottis noch nicht von einander abgesetzt sind. — Die Thiere sind den Trematoden sehr ähnlich und unterscheiden sich von ihnen vorwiegend durch den Mangel des Darms; ihre Jugendformen leben wahrscheinlich in wirbellosen Thieren, die Geschlechtsformen fast stets in Fischen. *Caryophyllaeus mutabilis* Rud. (Fig. 224) im Darm der Cyprinoiden; *Amphilina foliacea* Wagen. in der Leibeshöhle des Sterlet; *Archigetes Sieboldi* Leuck. in Ringelwürmern (*Saenuris*).

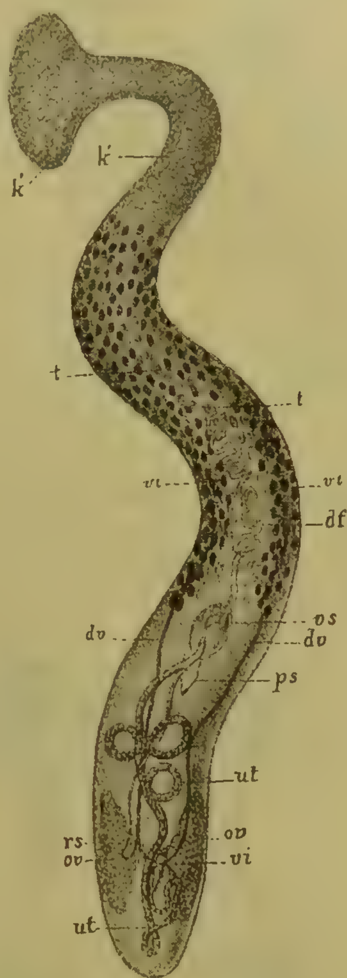


Fig. 224. Caryophyllaeus mutabilis (nach M. Schultze). *k* Scolex, *t* Hoden, *df* Vas deferens, *vs* Vesicula seminalis, *ps* Penis, *vi* Dotterstock, *dv* Dottergänge, *ov* Ovarien, *ut* Uterus, *rs* Receptaculum seminis.

2. Fam. *Liguliden.* Bandwürmer ohne Saugnäpfe mit multiplem Geschlechtsapparat, Scolex und Proglottiden noch nicht von einander abgesetzt. Die geschlechtlich unentwickelten Thiere leben in der Bauchhöhle von Fischen, die geschlechtsreifen im Darm von Wasservögeln (Schnepfendreck, vorwiegend von Bandwürmern gebildet). Beiderlei Zustände sind breite riemenartige Bänder, in deren Innerem die multiplen Geschlechtsorgane den Zerfall in Proglottiden vorbereiten, ohne dass derselbe äusserlich zum Ausdruck kommt. *Ligula simplicissima* Rud.

3. Fam. *Tetrarhynchiden.* Bandwürmer mit Scolex und Proglottiden, Kopf mit 4 aus- und einstülpbaren, hakenbewaffneten Rüsseln. (Fig. 216.) Die Bandwürmer leben sowohl im geschlechtsreifen wie im geschlechtslosen Zustand in Fischen. *Tetrarhynchus gigas* van Ben.

4. Fam. *Bothriocephaliden.* Bandwürmer mit Scolex und Proglottiden; Kopf spatelartig mit 2 Sauggruben auf den schmalen Kanten.

Aus der Familie interessirt uns besonders der *Bothriocephalus latus* Brems. (Fig. 225), der grösste Bandwurm, welcher sich im Darm des Menschen findet, wo er bis zu 12 Meter lang werden und mehrere Tausend Proglottiden erzeugen kann. Die querovalen, etwa 1 cm breiten und etwas weniger langen, reifen Proglottiden sind gequetscht oder eingetrocknet leicht an der „Wappenlilien“-ähnlichen Zeichnung zu erkennen, welche durch die Windungen des Uterus veranlasst wird; der spatelartige Kopf

ist in einer Richtung abgeplattet, welche senkrecht zur Richtung steht, in der der Rumpf abgeplattet ist. Aus den Eiern schlüpft im Wasser eine bewimperte Larve aus, welche einen 6 hakigen Embryo umschliesst; dieser wandelt sich in Fischen zum geschlechtslosen Bothriocephalus um. Der Mensch erhält den Parasiten durch den Genuss von ungekochtem und ungenügend gesalzenem, inficirtem Hechtfleisch; ausserdem können noch Barsch, Quappe und einige Salmoniden Zwischenwirthe sein. Daher die Erscheinung, dass der Bothriocephalus seinen Verbreitungsbezirk vorwiegend in wasserreichen und in Folge dessen auch fischreichen Gegenden besitzt, wie in den Ostseeprovinzen und in der Schweiz. In Grönland findet sich *B. cordatus* Leuck., in Japan und China als Plerocercoid des Menschen *B. liguloides* Cobb.

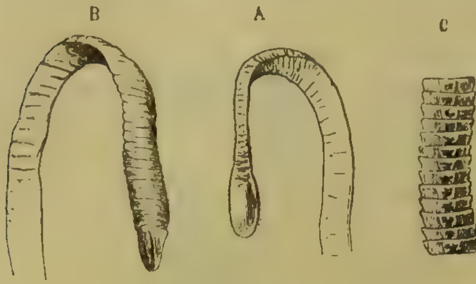


Fig. 225. Kopf von Bothriocephalus latus *A* von der Fläche, *B* von der eine Sauggrube tragenden Kante gesehen, *C* eine Reihe von Proglottiden mit der „Wappenlilie"

5. Fam. *Taeniaden*. Bandwürmer mit Scolex und ablösbaren Proglottiden; am Scolex stets 4 Saugnäpfe, bei einem Theil ausserdem noch ein Rostellum mit Hakenkranz; in den Proglottiden ist der Dotterstock durch die kleine Eiweissdrüse ersetzt, der Uterus blind geschlossen; der Porus genitalis, die gemeinsame Mündung für Vas deferens und Scheide, liegt gewöhnlich seitlich in den Proglottiden, alternirend rechts und links. Cysticerken und Cysticercoide fehlen nur selten.

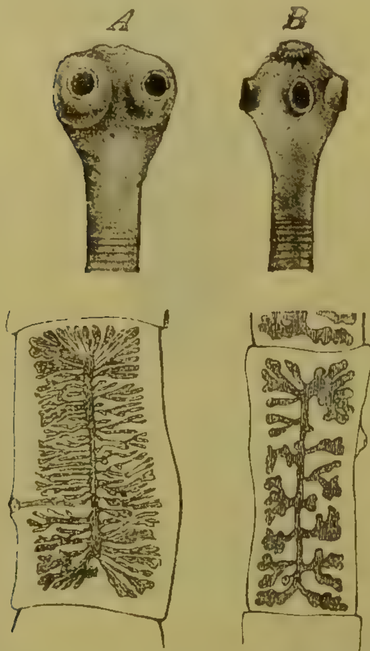


Fig. 226. Kopf und reife Proglottis: *A* von Taenia saginata, *B* von Taenia solium.

Wir stellen zunächst die im Menschen vorkommenden Taenien zusammen, wobei wir unterscheiden müssen, ob sie als geschlechtsreife Thiere oder als Finnen im menschlichen Körper beobachtet werden.

a. Taenien, welche geschlechtsreif im Darm des Menschen vorkommen.

Hier müssen in erster Linie *Taenia solium* Rud. und *Taenia saginata* Goeze (T. mediocanellata Küchenmeister) genannt werden, deren Unterscheidung mit Hilfe beistehender Abbildungen und Tabelle leicht zu bewerkstelligen ist. (Fig. 226.) Für die Praxis ist es nicht unwichtig, dass *Taenia saginata* trotz des mangelnden Hakenkranzes vermöge ihrer derberen Saugnäpfe schwieriger abzutreiben ist. Bei *Taenia solium* verdient Beachtung, dass man sie wiederholt schon im Menschen auch als Finnen beobachtet hat, und zwar häufig an Stellen wie Hirn und Auge, wo dieselben schwere Schädigungen veranlassten; dieses Vorkommen erklärt sich z. Th. wohl aus Verunreinigung der Nahrung mit Eiern, möglicherweise aber auch durch eine innere Selbstinfection: dass bei starken Brechbewegungen Stücke

des Bandwurms in den Magen gelangten und hier verdaut wurden, wodurch die Embryonen befreit und zum Auswandern veranlasst wurden.

	Kopf	Zahl der Proglottiden	Uterus	Länge des Wurms und der reifen Proglottiden	Beschaffenheit der Finne	Vorkommen der Finne
Taenia solium	mit Rostellum und Hakenkranz (26 Haken in 2 Reihen), 4 schwache Saugnäpfe	8—900	mit jederseits 7—9 plumpen, verästelten Aussackungen	a. 3—3½ Meter b. 9—11 mm lang 6—7 mm breit	1 cm und mehr gross, reich an Flüssigkeit	im Schwein, ab und zu auch in den Muskeln, dem Hirn, Augapfel des Menschen
Taenia saginata	kein Rostellum, kein Hakenkranz, 4 starke Saugnäpfe	1200—1300	mit jederseits 20—30 zierlichen, wenig verästelten Aussackungen	a. 7—8 Meter b. 18—20 mm lang 5—7 mm breit	derb, mit wenig Flüssigkeit, daher kleiner	im Rind

Manche Taenien sind anderen Säugethieren eigenthümlich, kommen aber auch im Darm des Menschen vor. Bei Mäusen und Ratten finden sich die *Taenia murina* und die *T. leptocephala.* Erstere soll mit der *T. nana* v. Siebold identisch sein, welche in der Neuzeit namentlich in Italien häufig im menschlichen Darm nachgewiesen wurde (Fig. 107 S. 133). Der 3—4 cm lange Wurm kann durch massenhaftes Auftreten erhebliche Beschwerden verursachen; er scheint sich ohne Zwischenwirth zu entwickeln, indem Eier durch Verunreinigung der Nahrung in den menschlichen Darm gelangen. *T. leptocephala* ist als *T. flavopunctata* und *T. diminuta* aus dem Menschen beschrieben worden. Den Zwischenwirth stellen hier Insecten in analoger Weise wie bei *T. cucumerina* Rud., die sehr häufig die Hunde und Katzen, ab und zu auch den Menschen befällt. Eine tropische Form ist *T. madagascarensis* Dav.

b. Taenien, welche als Cysticerken im Menschen schmarotzen.

Ausser dem Cysticercus cellulosae von Taenia solium hat man die Cysticerken von *Taenia acanthotrias* Weinl. im Menschen beobachtet. Ein häufiger und für die praktische Medicin äusserst wichtiger Parasit ist jedoch nur der Cysticercus der *Taenia echinococcus* v. Siebold. (Fig. 227.) Der ausgebildete Bandwurm lebt im Darm des Hundes und ist wegen seiner Kleinheit leicht zu übersehen. Er ist höchstens 4 mm lang und besteht aus einem Scolex mit 3 Proglottiden. Der Scolex hat ausser den 4 Saugnäpfen ein Rostellum mit Hakenkranz. Werden die Eier in den menschlichen Darm verschleppt, wozu das Streicheln und Küssen inficirter Hunde die günstigen Vorbedingungen liefert, so wandern die ausschlüpfenden Embryonen in Leber, Lunge, Hirn oder andere Organe und erzeugen hier Geschwülste, welche in der Leber bis zu Kindskopfgrösse und zur Schwere von 10, ja selbst 30 Pfund heranwachsen können. Diese aussergewöhnliche Grösse wird dadurch bedingt, dass der aus dem Embryo hervorgegangene Cysticercus durch Knospung auf seiner Innenseite oder nach aussen (endogener und exogener Echinococcus) viele, manchmal Hunderte, selten Tausende von Tochterblasen erzeugt, bevor die Bildung der Brutblasen und der Scolices beginnt. Wenn letzterer Process ganz ausbleibt, so entstehen

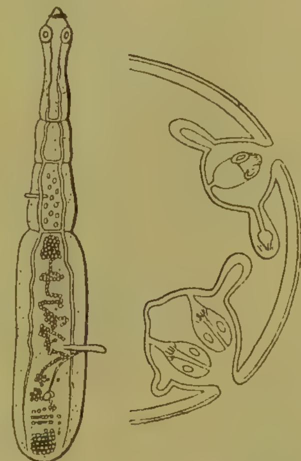


Fig. 227. Taenia echinococcus (aus Hatschek nach Leuckart). Geschlechtsreifes Thier, daneben ein Stück einer Brutblase mit ansitzenden Scolices.

Blasen ohne Köpfe, die Acephalocysten. Häufiger als beim Menschen sind die Echinococcen im Rind, Schaf, Schwein und manchen anderen Thieren (Ech. veterinorum).

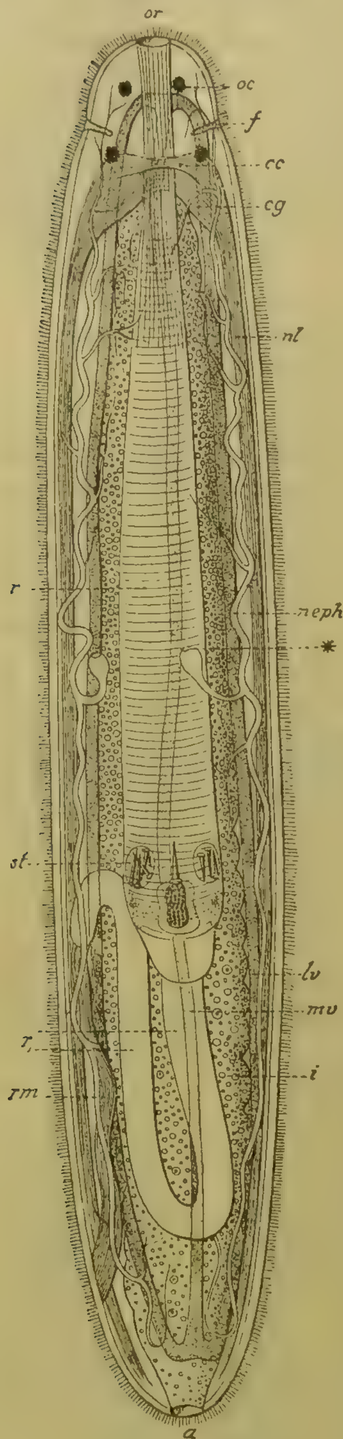


Fig. 228. Junges Tetrastemma obscurum (aus Hatschek nach M. Schultze). *or* Rüsselöffnung, *r* Rüssel, *st* Haupt- und Nebenstilets, *r*[1] Drüsensack des Rüssels, *rm* Retractor des Rüssels, *oc* Augen, *f* Flimmergruben *cg* Hirnganglion, *cc* dorsale Commissur, *nl* Seitenstränge, *neph* Wassergefässe, * deren Mündung, *lv* seitliche, *mv* dorsales Blutgefäss, *i* Darm, *a* After.

Im Anschluss an obige Parasiten des Menschen seien hier noch die wichtigsten Taenien genannt, welche nur in Thieren beobachtet werden. Im Hundedarm lebt ausser der *T. echinococcus* noch die *T. coenurus* v. Sieb., welche als Finne (Coenurus cerebralis) das Hirn des Schafes bewohnt und die Drehkrankheit veranlasst. In der Leber und dem Mesenterium des Kaninchens und Hasen lebt der Cysticercus pisiformis, der im Darm von Hund, Fuchs und Wolf zur T. serrata Goeze wird; in Mäusen findet sich der Cysticercus fasciolaris, welcher die T. crassicollis Rud. der Katze erzeugt.

IV. Ordnung. Nemertinen, Schnurwürmer.

Die letzte Ordnung der Plattwürmer bilden die Schnurwürmer oder Nemertinen, Thiere, welche gewöhnlich ansehnlich gross sind und öfters die Länge von mehreren Fuss erreichen. Sie leben selten auf dem festen Land in feuchter Erde, sind dagegen häufig im Meere, wo sie unter Steinen oder Tangwurzeln zusammengerollt liegen. Von den rhabdocoelen Turbellarien, denen sie am nächsten stehen, unterscheiden sie sich vornehmlich durch drei Charaktere:

1. Durch Bildung eines ectodermalen Hinterdarms hat der Darm eine Afterausmündung erhalten und ist zu einem durchleitenden Rohr geworden. (Fig. 228.)

2. Ein Schlundkopf fehlt, dafür ist ein besonderer Rüssel vorhanden, welcher dorsal über dem Darm liegt und getrennt von demselben mündet. Der Rüssel ist ein blind geschlossener, weit nach rückwärts reichender Schlauch, welcher von einer musculösen Rüsselscheide eng umschlossen und an den Grund derselben durch einen Rückziehmuskel befestigt ist. Durch Contractionen der Scheide wird der Rüssel wie ein Handschuhfinger umgestülpt und zum Angriff oder zur Vertheidigung in ganzer Länge über die Körperoberfläche hervorgestossen, während der Rückziehmuskel die Aufgabe hat, die Waffe nach dem Gebrauch wieder in die Ruhelage zurückzuführen. Bei vielen Nemertinen wird die Gefährlichkeit dieser Waffe noch durch zwei Einrichtungen wesentlich gesteigert: Erstens findet sich am

Grund des Sacks ein Stilet, welches die Spitze des ausgestülpten Rüssels krönt und neben dem noch einige Reservestilets liegen, zweitens mündet an der Basis des Stilets ein bei stiletlosen Nemertinen fehlender hinterer Abschnitt des Rüssels, ein Sack mit drüsigen Wandungen, der nicht mit ausgestülpt wird, dafür aber Secrete liefert, welche zur Vergiftung in die vom Stilet geschlagene Wunde eingeträufelt werden.

3. Ein drittes Merkmal höherer Organisation ist das Blutgefässsystem, welches aus einem dorsalen und zwei seitlichen Längsstämmen besteht, die vorn und hinten durch Schlingen unter einander zusammenhängen.

Das Centralnervensystem zeigt die Bildung, welche wir schon von den übrigen Plattwürmern her kennen. Zwei obere Schlundganglien sind durch eine dorsale Commissur verbunden, welche von dem durchtretenden Rüssel in einen oberen und unteren Strang getrennt wird, und verlängern sich nach hinten in zwei Seitennerven, welche auf der Bauchseite durch zahlreiche Queranastomosen zusammenhängen. An die oberen Schlundganglien legen sich zwei seitliche flimmernde Gruben an, tiefe Einsenkungen der Haut, deren oberflächliche Mündungen vom Thier nach Belieben geöffnet und geschlossen werden können. Früher für Respirationsorgane gehalten, gelten sie jetzt mehr für Geruchsgrübchen, wie sie auch bei anderen Würmern (z. B. Microstomeen) vorkommen. Von unzweifelhaften Sinnesorganen sind nur Ocellen und Tasthaare häufiger, Hörbläschen dagegen äusserst selten beobachtet worden. Während die Wassergefässe an die Turbellarien erinnern, haben die Geschlechtsorgane einen Bau eigener Art; sie bilden jederseits eine Reihe hinter einander gelagerter Säckchen, welche auf dem Rücken nach aussen münden und mit Blindsäcken des Darms alterniren. In der Regel herrscht Gonochorismus.

Die Entwicklung ist selten eine directe, häufiger eine Metamorphose, bei welcher die Fechterhutlarve, das Pilidium (Fig. 229) oder die aus dem Pilidium durch Rückbildung entstandene Désor'sche Larve auftreten. Das Pilidium ist ein Gallertkörper von der Gestalt eines Napoleonshutes, von dessen unterem Rand links und rechts 2 Mundlappen herunterhängen, welche an die Schutzklappen eines Fechterhutes erinnern. Der Rand der Lappen und des übrigen Hutes ist von einem Wimperreif eingefasst, einer verdickten Epithelpartie, welche Flimmern trägt. Ein Flimmerbusch auf der Spitze des Hutes geht von einer Epithelverdickung (Scheitelplatte) aus, welche wahrscheinlich als Centralnervensystem functionirt. Im Inneren findet sich ein am hinteren Ende geschlossener zweitheiliger Darm, welcher zwischen den Mundlappen nach aussen mündet. Bei der Metamorphose wird er allein in den fertigen Wurm mit hinübergenommen und durch einen complicirten Faltungsprocess aus dem sich rückbildenden Gallertkörper der Larve herausgeschält.

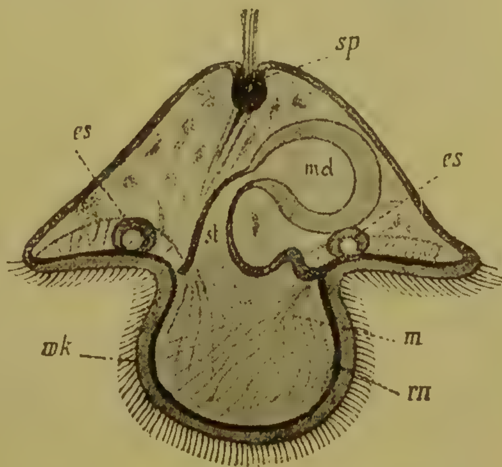


Fig. 229. Pilidium-Larve einer Nemertine (aus Lang nach Salensky). *sp* Scheitelplatte, *st* Munddarm, *md* Magendarm, *es* Einstülpungen, welche später die Haut der Nemertine liefern, *m* Mundlappen, *wk* Wimperschnur.

Systematisch unterscheidet man zwei Unterordnungen: 1. *Enopla* (*Hoplonemertinen*): Nemertinen, deren Rüssel ein Stilet besitzt, deren Ent-

wicklung eine directe ist. *Nemertes gracilis* Johnst., *Tetrastemma obscurum* M. Schultze (Fig. 228), *T. Lacustre* du Ples. im Genfer See. 2. *Anopla* (neuerdings in *Palaeonemertinen* und *Schizonemertinen* gesondert). Thiere mit Metamorphose und unbewaffnetem Rüssel; hierher *Lineus marinus* Montf. und *Cerebratulus marginatus* Lkt.

II. Classe.

Rotatorien, Räderthierchen.

Die im Wasser lebenden Räderthierchen gehören zu den kleinsten vielzelligen Thieren und sind von Infusorien, mit denen sie die Lebensweise theilen, nur mit Hilfe des Microscops zu unterscheiden. Ihr Körper zerfällt in drei Abschnitte: Kopf, Rumpf und Schwanz; der Rumpf ist von einer derben Cuticula fest gepanzert und dient ähnlich der Schale einer Schildkröte den beiden anderen Abschnitten zur Zuflucht. (Fig. 230 *A*.) Der Schwanz ist aus mehreren Ringen zusammengesetzt, welche wie Glieder eines Fernrohrs in einander geschoben werden können und durch die oberflächliche Aehnlichkeit mit Segmentirung manche Zoologen veranlasst haben, die Räderthiere irrthümlich zu den Arthropoden zu stellen. Der letzte Schwanzring trägt eine Zange, mit deren Hilfe sowie mit Hilfe von Klebdrüsen die Thiere sich festsetzen können. Das Kopfende ist am zarthäutigsten und verbreitert sich nach vorn zur Radscheibe, einem Apparat von sehr wechselndem Aussehen, dessen kräftige Bewimperung sowohl zum Schwimmen dient, als auch die Nahrung zum ventral gelegenen Mund herbeistrudelt. Der Darm besteht aus Oesophagus, Kaumagen, Drüsenmagen und Enddarm und ist mit Ausnahme des Kaumagens von Wimpern ausgekleidet; der Kaumagen dagegen trägt zwei mit Kauleisten bedeckte Chitinplatten, welche beim lebenden Thiere zum Zerkleinern der Nahrung beständig gegen einander klappen. Oberhalb des Oesophagus liegt das paarige Hirnganglion, mit welchem häufig einfachste Ocellen und eigenthümliche Sinnesorgane, die Nackententakeln etc., zusammenhängen. Mit dem Enddarm mündet das meist unpaare, sackförmige Ovar und die paarigen Wassergefässcanäle, deren Seitenäste am blindgeschlossenen Ende kleine Flimmerläppchen tragen. Zum Wassergefässsystem gehört ferner noch eine grosse contractile Blase.

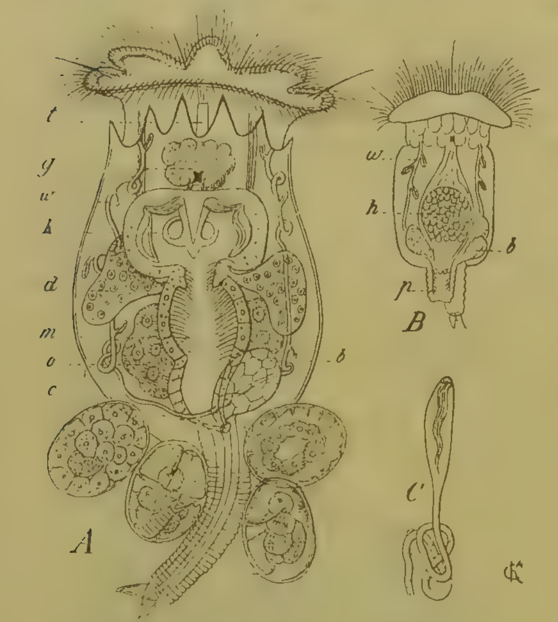


Fig. 230. Brachionus urceolaris. *A* Weibchen mit 4 Eiern auf verschiedenen Stufen der Entwicklung, *B* Männchen, *C* ein Flimmerläppchen des Wassergefässes stärker vergrössert. t Tentakel, *g* Ganglion mit Auge, *w* Wassergefässsystem. *k* Kaumagen, *d* Magendrüsen, *m* Magen, *o* Ovar, *c* Cloakenöffnung, *b* Harnblase, *h* Hoden. *p* Penis.

Lange kannte man nur weibliche Thiere, bis Dalrymple die Entdeckung machte, dass die zugehörigen Männchen sehr viel seltener und

kleiner sind, sogenannte Zwergmännchen, und eine stark rückgebildete Organisation besitzen. Meist ist der Darm zu einem soliden Gewebsstrang reducirt, in welchem der Hoden eingebettet liegt. (Fig. 230 *B*.)

Die Räderthiere haben zweierlei Eier, grosse dotterreiche Wintereier, welche von einer festen Schale umgeben sind, und kleine dünnschalige Sommereier. Letztere entwickeln sich parthenogenetisch und dienen durch ihre grosse Zahl und rasche Entwicklung der Verbreitung der Art. Jene sind seltener, bedürfen der Befruchtung und haben eine lange Ruheperiode; sie erhalten die Art wahrscheinlich während ungünstiger Zeiten, wenn das Wasser einfriert oder eintrocknet (Dauereier). Ein gewisses Maass von Eintrocknen vertragen übrigens die ausgebildeten Thiere ebenfalls; in feuchtem Moos, in den Residuen von Dachrinnen findet man sie zusammengezogen in einer Art Winterschlaf befangen, aus dem sie erst bei Zusatz von Wasser aufwachen.

Die Schilderung vom Bau der *Rotatorien* lässt erkennen, dass die Thiere ausserordentlich den Wurmlarven vom Trochophora-Typus gleichen. Wir müssen sie daher für äusserst primitive Formen erklären, welche den Urahnen des Würmerstammes am nächsten stehen. Damit gewinnen sie trotz ihres abweichenden Aeusseren nahe Verwandtschaft mit den Würmern, unter denen sie sich nach dem Bau ihres Nerven- und Excretionssystems den Plattwürmern anschliessen. Die meisten Räderthiere leben im Süsswasser: *Brachionus urceolaris* Ehr. (Fig. 230), *Conochilus volvox* Ehr., letztere eine kugelige Colonie radial angeordneter Einzelthiere.

II. Unterstamm.

Coelhelminthen.

III. Classe.

Chaetognathen, Pfeilwürmer.

Um in das Studium der Leibeshöhlenwürmer einzuführen, sind die *Chaetognathen* am meisten geeignet, glashelle, 1—5 cm lange Würmer, welche an der Oberfläche des Meeres Jagd auf andere pelagische Thiere machen und ihren blitzschnellen Bewegungen und zum Theil auch ihrer Körpergestalt den Namen Sagitten oder Pfeilwürmer verdanken. Die Thiere schwimmen mit horizontal gestellten, von besonderen Strahlen gestützten Flossen, deren eine das Schwanzende umgreift, während 1 oder 2 weitere Paare seitlich am Rumpf sitzen. (Fig. 231.) Zum Ergreifen der Beute dienen ihnen 2 Lappen, welche vorn links und rechts von der Mundöffnung gelegen und mit kräftigen hakenartigen Borsten (daher Chaetognathen, Borstenkiefer,) bewaffnet sind. Innerlich ist der Körper deutlich in drei Segmente geschieden, Kopf, Rumpf und Schwanz, weil die Leibeshöhle durch quere Scheidewände in drei Kammern zerfällt: Kopf-, Rumpf- und Schwanzleibeshöhle. Jede Kammer wiederum besteht aus einer linken und rechten Hälfte, da ein Mesenterium in sagittaler Richtung ausgespannt ist, in welchem der gerade gestreckte Darm verläuft. Letzterer mündet am Ende des Rumpfsegments ohne in den Schwanzabschnitt einzutreten.

Das Nervensystem (Fig. 232) ist noch vollkommen ectodermal: im Kopfabschnitt bildet es ein dorsal gelegenes Paar Hirnganglien, wie wir sie schon von den Plattwürmernher kennen, imRumpfabschnitt ausserdem noch ein grosses ventrales Ganglion, die erste Anlage des bei den Anneliden höher entwickelten Bauchmarks. Kopf- undBauchganglien sind durch lange Schlundcommissuren unter einander verbunden. (Fig. 231.) Sehr interessant, weil auch für Nematoden und manche Anneliden charakteristisch, ist die Beschaffenheit der Muskulatur, welche nur aus longitudinalen Fasern besteht. Die Leibeshöhle wird von einem Epithel ausgekleidet, welches parietales Mesoderm heissen mag, soweit es an das Ectoderm grenzt, viscerales Mesoderm, soweit es das Darmrohr überzieht. (Fig. 203 *a* u. *b*.) Das parietale Mesodermepithel hat die Muskelfasern ausgeschieden, deren Masse in 4 Felder abgetheilt ist, ein rechtes und linkes dorsales und ein rechtes und linkes ventrales. Die Chaetognathen wie auch die Nematoden und Anneliden führen somit die uns von den Coelenteraten her bekannte Einrichtung der Epithelmuskelzellen fort. Im Epithel der Leibeshöhle entstehen auch die Geschlechtszellen: im Rumpfsegment die Eier, welche durch besondere Oviducte nach aussen geleitet werden, im Schwanzsegment dagegen die Anlagen der Hoden. Frühzeitig lösen sich die Samenbildungszellen ab, fallen in die Leibeshöhle und reifen hier zu Spermatozoen, die durch Canäle ausgeleitet werden, welche durch ihre Verbindung mit der Leibeshöhle an die Segmentalorgane der Anneliden erinnern.

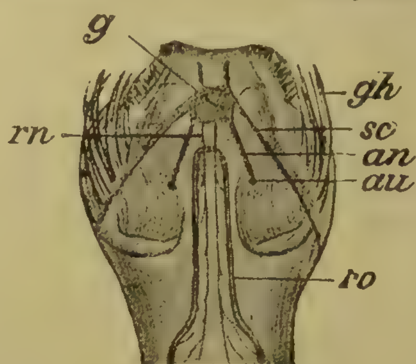


Fig. 232. Kopf von Sagitta bipunctata in dorsaler Ansicht (nach O. Hertwig aus Lang). *g* Hirnganglion, *gh* Borsten, *sc* Schlundcommissur, *ro* Riechorgan mit Nerv (*rn*), *au* Auge mit Nerv (*an*).

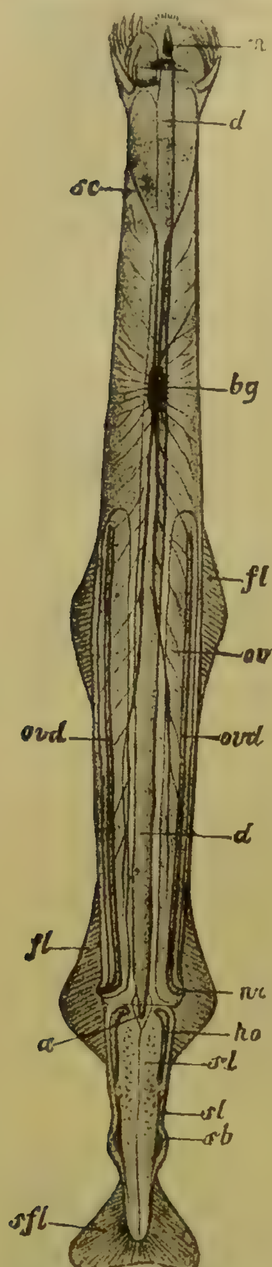


Fig. 231. Sagitta hexaptera (aus Lang nach O. Hertwig) von der Bauchseite gesehen. *m* Mund, *d* Darm, *sc* Schlundcommissur, *bg* Bauchganglion, *fl*, *sfl* Flossen, *ov* Ovar, *ovd* Oviduct, *wo* weibliche Geschlechtsöffnung, *ho* Hoden, *sl* Spermatozoen, *a* After, *sb* Samenblase.

Die Entwicklungsgeschichte der Sagitten ist nach zwei Richtungen hin von Bedeutung: 1. Der Urdarm zerfällt durch zwei seitliche Falten in einen unpaaren mittleren und zwei paarige seitliche Räume: ersterer ist der bleibende Darm, letztere sind die Anlagen der Leibeshöhle oder die Coelomdivertikel: die Leibeshöhle ist somit eine Ausstülpung der Darmhöhle (S. 124 Fig. 104). 2. Die Geschlechtsorgane lassen sich auf ein Paar Zellen im primitiven Entoblast zurückführen, die später in die Epithelauskleidung der Leibeshöhle gelangen. Jede Zelle theilt sich in eine vordere und hintere: da die vordere das Ovar, die hintere den Hoden liefert, so

sind bei Sagitta die männlichen und weiblichen Geschlechtszellen unzweifelhaft Abkömmlinge einer gemeinsamen Mutterzelle.

Die einzelnen Arten der Chaetognathen lassen sich wenigen Gattungen einreihen, von denen die über alle Meere verbreitete Gattung *Sagitta* am bekanntesten ist. *Sagitta hexaptera* d'Orb.

IV. Classe.

Nemathelminthen, Rundwürmer.

Wie die Plattwürmer, so sind auch die Rundwürmer (Nemathelminthen) schon durch den Namen, der sich auf den faden- oder walzenförmigen Körper bezieht, zur Genüge gekennzeichnet. Die Körperform ist bedingt durch die Anwesenheit einer Leibeshöhle, in welche sämmtliche Eingeweide so locker eingebettet sind, dass sie beim Spalten des Hautmuskelschlauches sofort herausfallen. Da die Rundwürmer die drehrunde Körpergestalt und den Besitz einer Leibeshöhle mit den meisten Anneliden theilen, so muss zur Unterscheidung von letzteren noch ein negatives Merkmal hervorgehoben werden, der Mangel der Gliederung und demgemäss auch der Mangel der in regelmässigen Abständen sich wiederholenden Einkerbungen oder Ringelungen des Körpers.

Zu den Nemathelminthen gehören nur 2 Ordnungen, von denen die eine, die Gruppe der *Nematoden*, bei Weitem die wichtigere ist.

I. Ordnung. Nematoden, Fadenwürmer.

Die Nematoden sind eine artenreiche Gruppe fadenförmiger, theils microscopisch kleiner, theils 0,01—1,0 mtr langer Würmer, die durch die grosse Zahl bei Pflanzen, Thieren und Menschen weit verbreiteter, zum Theil äusserst gefährlicher Parasiten ein ganz hervorragendes Interesse besitzen. Die Oberfläche ihres Körpers wird von einer derben Cuticula gebildet, welche von der darunter gelegenen Hypodermis ausgeschieden wird (Fig. 202, S. 217), einer histologisch noch ungenügend verstandenen Schicht, welche auf dem Querschnitt gesehen 4 Verdickungen zeigt, 2 laterale (links und rechts) und 2 mediale (dorsal und ventral). Erstere schimmern deutlich durch die Cuticula als zwei Längsleisten, die Seitenlinien, durch; letztere sind schwach ausgeprägt und veranlassen die minder deutlichen Rücken- und Bauchlinien. In den Seitenlinien verlaufen die Excretionsgefässe (wahrscheinlich Nephridien), 2 Längscanäle, welche unweit des vorderen Endes durch einen Quercanal verbunden sind und mittelst desselben in der Bauchlinie durch einen unpaaren Porus excretorius münden. Durch Seitenlinien, Rücken- und Bauchlinie wird die Muskulatur, welche auch hier nur aus Längsfasern besteht, in 4 Felder abgetheilt, ein dorsales und ventrales rechtes und ein dorsales und ventrales linkes. Die Bildung der longitudinalen Muskelfasern geht vom parietalen Peritonealepithel aus, einer Schicht blasiger Zellen, welche durch ihre Grösse die Leibeshöhle so sehr einengen, dass kaum Platz genug für den Darm und die Geschlechtsorgane übrig bleibt. Gestalt.

Der Darm beginnt mit der genau endständigen Mundöffnung und endet mit einem After, welcher vom hinteren Ende auf die Bauchseite verschoben ist. Diese Lagerung ist besonders auffällig, da sonst bei den Würmern umgekehrt der After terminal angebracht, die Mund- Darm.

öffnung dagegen durch den Kopflappen überwölbt und auf die Bauchseite gedrängt zu sein pflegt. Der an den Mund anschliessende, musculöse Oesophagus schwillt an seinem Ende zu einem besonderen Abschnitt an, dem Pharyngealbulbus, dessen stark cuticularisirte Innenwand zum Zerreiben der Nahrung dient; von da bleibt sich die Beschaffenheit des Darms bis zum After gleich. (Fig. 233.)

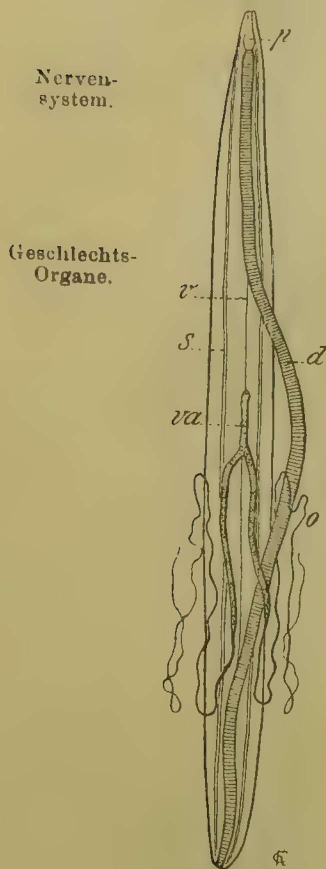


Fig. 233. Anatomie einer jungen weiblichen Ascaris (zu Grunde gelegt eine Zeichnung von Leuckart) *p* Pharynx, *d* Darm *v* ventrale Linie, *s* Seitenlinien, *va* Vagina, *o* Ovar,

Nervensystem.

Umfasst wird der Anfang des Oesophagus von einem mit Ganglienzellen bedeckten Nervenring; auch dieser ist bemerkenswerth, da wohl umschriebene Anschwellungen, Gauglienknötchen, wie sie sonst bei den Würmern stets vorkommen, fehlen.

Geschlechts-Organe.

Sehr einfach ist der Bau der Geschlechtsorgane der nur ausnahmsweise hermaphroditen Thiere. Männchen und Weibchen sind, abgesehen von den Copulationsorganen, dadurch leicht zu unterscheiden, dass die Geschlechtsorgane des ersteren von vorn und unten in den Enddarm münden, welcher hierdurch zur Cloake wird (Fig. 234), während die Weibchen (Fig. 233) eine besondere Geschlechtsöffnung haben, die ventral zwischen Mund und After je nach den Arten bald mehr nach vorn, bald mehr nach hinten liegt. Im Uebrigen ähneln sich beide Geschlechter im Bau der Fortpflanzungsorgane. Beidesmal handelt es sich um lange, bei grosser Fruchtbarkeit in vielen Windungen auf- und absteigende Röhren, deren blindes, in einen feinen Faden ausgezogenes Ende die Keimzellen liefert (Hoden, Ovar), während der Rest als Samenblase und Ausführweg dient. Beim Männchen ist die Genitalröhre stets einfach; beim Weibchen kann sie ebenfalls einfach sein, ist aber häufiger doppelt, wobei dann linke und rechte Röhre erst kurz vor der Mündung sich vereinigen (Fig. 233 *va*).

Als Copulationsorgane functioniren beim Männchen am häufigsten Spicula, d. h. gekrümmte Stacheln, welche hinter dem Darm liegen und aus einer sie umhüllenden Scheide durch die Cloakenspalte hervorgestossen werden können; Retractoren, welche sich an das hintere Ende der Spicula befestigen, ziehen sie in die Ruhelage wieder zurück. Dazu kommen ab und zu linke und rechte Klappen zum Festhalten des Weibchens; oder es ist, wie bei den Trichinen, die ganze Cloake vorstülpbar.

Entwickelung.

Da eine Begattung stattfindet, werden die Eier im Innern des Eileiters befruchtet und machen häufig einen Theil der Entwicklung im Uterus des Weibchens durch; manche Nematoden, wie die Trichinen, sind sogar lebendig gebärend. Die Entwicklung ist vielfach eine directe, kann aber auch unter dem Bild einer mehr oder minder ausgesprochenen Metamorphose verlaufen. Endlich kommt auch Heterogonie vor, insofern als hermaphrodite oder parthenogenetische Generationen mit getrennt geschlechtlichen Generationen alterniren. Die verschiedene Art der Entwicklung wird in hohem Grade von der Lebensweise beeinflusst. Sehr verbreitet sind Nematoden im süssen und salzigen Wasser; andere leben in organischen Flüssigkeiten; eine dritte Gruppe wiederum

schmarotzt im Körper von Pflanzen und Thieren. Nur die Parasiten zeigen die Neigung zu Metamorphose und Heterogonie, Einrichtungen, welche mit dem durch Entoparasitismus bedingten Wirthswechsel zusammenhängen. Auch sind bei parasitischen Nematoden Encystirungen sehr verbreitet. Diese wenigen orientirenden Worte mögen hier genügen; Genaueres über die verschiedenen Entwicklungsweisen findet der Leser bei der Besprechung der einzelnen Arten und Familien, von denen im Folgenden nur diejenigen Berücksichtigung finden sollen, welche als weit verbreitete Parasiten von Pflanzen, Thieren und Menschen eine aussergewöhnliche Wichtigkeit besitzen.

1. Familie. *Anguilluliden.* Kleine Nematoden mit doppelter Pharyngealanschwellung, welche im Schlamm oder in organischen Flüssigkeiten, oder in Pflanzen, seltener in Thieren leben; Männchen mit 2 Spicula. *Anguillula aceti* O. Fr. M., im Kleister und Essig als ein weisslicher, geschickt schwimmender, 2 mm langer Wurm. *Rhabditis nigrovenosa* (Rhabdonema nigrovenosum), noch nicht 1 mm lang, im Schlamm lebend, steht in Heterogonie mit einem zweiten Thier, welches in der Lunge des Frosches wohnt und wegen der Mundpapillen früher zu den Ascariden gestellt wurde. Die Rhabditis ist getrennt geschlechtlich, die Ascarisform hermaphrodit. Sehr ähnlich ist der Entwicklungsgang der 1 mm grossen *Rhabditis stercoralis* (Rhabdonema strongyloides Leuck.), welche ebenfalls in feuchter Erde, aber, wie es scheint, nur in wärmerem Klima lebt; ihre Nachkommenschaft entwickelt sich im menschlichen Darm zu der 2 mm langen *Anguillula intestinalis*, welche junge, mit den Faeces den Darm verlassende Rhabditis stercoralis erzeugt, ob parthenogenetisch oder hermaphroditisch? ist noch zweifelhaft. In vielen Fällen scheint nun die frei lebende Generation ganz ausfallen zu können, indem die nach aussen gelangten Rhabditiden ohne geschlechtsreif zu werden wieder zur A. intestinalis werden und erst im Darm des Menschen ihre Geschlechtsreife erlangen. Der Parasit, früher nur aus den Tropen bekannt, ist in der letzten Zeit häufig in Norditalien beobachtet worden.

Zu den Anguilluliden gehören endlich zahlreiche Pflanzenparasiten: die kleinen auf Pilzen schmarotzenden Nematoden, vor Allem aber der *Tylenchus tritici* Neidh. und die *Heterodera Schachti* Schmidt, von denen der erstere dem Weizen, die letztere den Rüben grossen Schaden anthut. Ihre rapide Vermehrung ist Ursache der Rüben- und Weizenmüdigkeit, der Erscheinung, dass Boden, welcher Jahre lang hindurch ausschliesslich mit einer dieser Pflanzen bestellt wurde, zunehmend schlechtere Ernten liefert, weil immer mehr Pflanzen dem Parasiten erliegen.

2. Familie. *Ascariden.* Mundöffnung von 3 Lippen (einer dorsalen, zwei ventralen) umstellt; Männchen mit 2 Spicula. Ausser den zahlreichen Ascariden, welche man eingekapselt oder freibeweglich und geschlechtsreif in Fischen und anderen Wirbelthieren findet, gehören hierher die 2 verbreitetsten Parasiten des Menschen, der Spulwurm oder Ascaris lumbricoides und der Spring- oder Madenwurm, die Oxyuris vermicularis.

Die auch bei Schweinen vorkommende *Ascaris lumbricoides* L. (Fig. 234) bewohnt den Dünndarm öfters in enormen Mengen (Wurmknoten); ihren Namen hat sie der Aehnlichkeit mit dem Regenwurm zu verdanken, von dem sie sich jedoch durch den Mangel der Gliederung sofort unterscheidet. Auch ist der Spulwurm grösser und schlanker, das Weibchen cca. 40 cm, das Männchen nur 25 cm lang. Die Thiere sind von enormer Fruchtbarkeit, indem das Weibchen cca. 61 Millionen Eier enthält. Die

Eier sind leicht an ihrer Gestalt zu erkennen (Fig. 220a): sie werden mit den Fäcalien aus dem Darm entleert, entwickeln sich aber ohne Zwischenwirth, wenn sie in den menschlichen Darm zurückgelangen. Die gleiche Entwicklungsweise gilt für *Oxyuris vermicularis* L. Das weissliche Thier lebt im Rectum besonders bei Kindern und erzeugt beim Auswandern aus dem After heftiges Jucken; das 1 cm lange Weibchen verlängert sich rückwärts in einen pfriemenförmigen Schwanz, der den Namen veranlasst hat. Das Männchen ist etwa halb so gross. Bekannte Thierparasiten sind ferner die *A. megalocephala* Cloquet des Pferdes, *A. mystax* Zed. des Hundes.

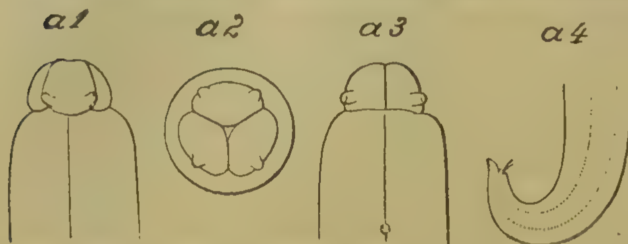


Fig. 234. Ascaris lumbricoides (aus Hatschek). a^1 dorsale, a^3 ventrale Ansicht des Kopfendes, a^2 Kopfende von oben betrachtet, a^4 Hinterende des Männchens.

3. Familie. *Strongyliden* sind im männlichen Geschlecht leicht an der mit 2 Spicula ausgerüsteten Bursa zu erkennen, einer aus 2 flügelartigen Fortsätzen bestehenden Verbreiterung des hinteren Körperendes; häufig, jedoch nicht constant ist die Erweiterung des Anfangsdarms zu einer von Papillen umstellten Mundkapsel.

Strongylus gigas Rud., 1 mtr. lang, lebt im Nierenbecken des Wolfes, Hundes etc., äusserst selten des Menschen. — *Dochmius* (*Ankylostoma*) *duodenalis* Dub. (Fig. 235), im weiblichen Geschlecht etwas grösser, im männlichen Geschlecht etwas kleiner als 1 cm, lebt im Dünndarm des Menschen und erzeugt durch sein Saugen starke Blutverluste und daran schliessende Bleichsucht (Chlorosis aegyptiaca). Er besitzt eine geräumige Mundkapsel, deren Rand mit Zähnen zum Festhalten an der Darmschleimhaut, deren Grund mit Stilets zum Verwunden bewaffnet ist. Die Eier entwickeln sich in Schlamm und feuchter Erde zu kleinen rhabditisartigen Larven, welche in den Darm des Menschen zurückgekehrt direct zum geschlechtsreifen Thier werden. Die Krankheit tritt besonders auf bei Leuten, die gezwungen sind, schlammiges Trinkwasser zu geniesen (Fellahs von Aegypten), oder die viel mit feuchter Erde zu thun haben (Ziegelarbeiter). Nachdem sie schon lange aus Aegypten und den Tropen bekannt war, trat sie bei den Arbeitern des Gotthardtunnels endemisch auf und hat sich seitdem auch in Deutschland verbreitet.


Fig. 235. Mundbewaffnung von Dochmius duodenalis in seitlicher und ventraler Ansicht (aus Leuckart).

4. Familie. *Trichotracheliden.* Die Trichotracheliden verdanken ihren Namen „Haarhälse“ dem Umstande, dass ihr vorderes Körperende, d. h. der Körperabschnitt, welcher den Oesophagus enthält, sehr stark haarartig verlängert ist. Der Oesophagus ist ferner zu einem dünnen Faden ausgezogen, welcher inmitten einer Reihe grosser Zellen verläuft, die an ihm wie Perlen an einer Perlenkette aufgereiht sind. Am längsten bekannt ist aus der Familie der

Peitschenwurm, *Trichocephalus dispar* Rud. des Menschen (Fig. 236). Das Weibchen 3—5 cm gross, das Männchen nur wenig kleiner. Hinterer

Körperabschnitt sehr viel dicker als das peitschenschnurartig verlängerte Vorderende. Letzteres wird korkzieherartig in die Darmschleimhaut eingebohrt, hauptsächlich im Bereich des Blinddarms. Da der Wurm seinen Aufenthaltsort nicht ändert, macht er keinerlei Beschwerden; seine Anwesenheit wird aber leicht an den ovalen Eiern erkannt, welche mit den Fäcalien entleert werden (Fig. 220 *d*); sie besitzen eine doppelte Schale, die innere ist an den beiden Enden etwas verdickt und hat daher eine citronenförmige Gestalt, die äussere, festere ist an den entsprechenden Stellen durchbohrt. Die Infection wird direct durch Import entwicklungsfähiger Eier herbeigeführt.



Fig. 236. Trichocephalus dispar, Männchen, mit dem vorderen Ende in die Darmschleimhaut eingelassen (aus Leuckart).

Die zweite Trichotrachelide, die *Trichina spiralis* Owen (Fig. 237, 238) ist viel kleiner als der Trichocephalus, zugleich aber viel gefährlicher. Man unterscheidet zwei Zustände, die eingekapselte Muskeltrichine und die geschlechtsreife Darmtrichine. Erstere wurde schon im Jahre 1835 von dem Studenten der Medizin Paget auf dem Präparirsaal in einer Leiche entdeckt und von Owen als Protozoe beschrieben. Die Darmtrichine wurde sehr viel später durch Leuckart und Virchow aufgefunden, ihr Entwicklungsgang durch diese beiden Forscher und Zenker festgestellt; das Verdienst, ihre grosse Bedeutung für die Krankheitslehre aufgeklärt zu haben, gebührt dem letztgenannten Forscher und Virchow.

Die Muskeltrichine findet sich in den Muskeln von Schwein, Ratte, Maus, Mensch, seltener von Fuchs, Katze, Kaninchen u. a. eingeschlossen in einer ovalen citronenförmigen Kapsel, welche ca. 0,6 mm lang ist und daher eben noch von einem geübten Beobachter mit blossem Auge erkannt werden kann; etwas leichter zu sehen sind die Kapseln, wenn sie verkreiden und, mit kohlensaurem Kalk imprägnirt, eine weissliche Farbe annehmen. Zum sicheren Nachweis bedarf es des Microscops, wenn auch nur schwacher Vergrösserungen. In der Kapsel liegt der cca. 1 mm lange Wurm in spiralen Windungen aufgerollt, zunächst noch nicht geschlechtsreif, wenn auch mit der Anlage der Geschlechtsorgane versehen. Zur Erlangung der Geschlechtsreife muss die Trichine in den Darm eines neuen Wirths transportirt werden. Wenn z. B. ein Mensch trichinöses Schweinefleisch verzehrt, so werden die Trichinen durch die Einwirkung des das Schweinefleisch und die Kapsel lösenden Magensaftes befreit; sie gelangen in den Dünndarm und werden innerhalb einiger Tage geschlechtsreif; das Weibchen gebiert über 1000 lebendige Junge. Während die Muttertrichinen absterben, bohren sich die 0,01 mm langen Tochterthiere in die Darmwand ein und wandern, die Lücken des Bindegewebes, vielleicht auch die Blutbahnen benutzend, in die Muskeln ein; daher die Erscheinung, dass

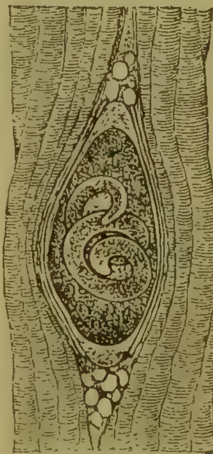


Fig. 238. Muskeltrichine (aus Boas nach Leuckart).



Fig. 237. Männchen von Trichina spiralis (aus Hatschek). *cl* Cloake. *t* Hoden.

bei der Trichinose die von lockerem Bindegewebe umhüllten Muskeln besonders stark inficirt werden und zum Nachweis der Trichine sich am besten eignen (Halsmuskeln, Glutaeen, Zwerchfell). Am Orte der Bestimmung angelangt bohren sich die Thiere in den Sarkolemmschlauch selbst ein, bedingen einen Zerfall der Muskelsubstanz und nähren sich vom Detritus, bis sie eine gewisse Grösse erreicht haben und sich einkapseln: um die Trichinenkapsel bildet der Wirth eine weitere, durch die Entzündung veranlasste, bindegewebige Kapsel. Die Wanderungen der jungen Trichinen fallen in die zweite und dritte Woche nach der Infection, die Encystirung in den Verlauf des dritten Monats. Die Krankheitssymptome gehen zunächst von dem stark gereizten Darm aus, später tritt die Entzündung der Muskeln in den Vordergrund.

5. Familie. Die *Filariden* sind Nematoden von sehr langgestreckter fadenartiger Gestalt; ihr bekanntester Vertreter ist der *Dracunculus medinensis* L. ein fast 1 mtr. langer Wurm, welcher die Dicke einer starken Bassseite besitzt und eine schon den Griechen als Dracontiasis bekannte Krankheit verursacht. In der Haut bilden sich Beulen, welche aufplatzen und zu Geschwüren werden, in deren Grund aufgerollt der Wurm liegt. Die Eier desselben — man kennt nur Weibchen – entwickeln sich im Wasser zu Larven, welche wahrscheinlich in kleine Crustaceen eindringen. Der Mensch erkrankt wahrscheinlich, indem er mit dem Trinkwasser die kleinen Parasitenträger verschluckt. Der Medinawurm ist am längsten aus dem Orient bekannt; auf heisse Klimate beschränkt, kommt er in Europa nicht vor.

Eine zweite tropische Filaride ist die in Lymphdrüsen wohnende 8—15 cm lange *Filaria sanguinis hominis* Lewis (*Filaria Bankrofti* Cobbold), so genannt, weil sie ihre Brut in die Blutgefässe des Menschen absetzt, so dass das Blut dann von vielen Millionen 0,3 mm grosser Würmer wimmelt. Diese wandern durch die Nieren aus, heftige Beschwerden (Milch- und Blutharn) veranlassend. Nach beendeter Auswanderung hören die Beschwerden auf, wiederholen sich aber, wenn ein neuer Satz Eier zur Reife gelangt ist und auswanderungsfähige Embryonen erzeugt hat. Man vermuthet, dass Moskitos den Zwischenwirth bilden. — Weitere Filariden des Menschen sind: *F. lentis* Dies. aus der Linse, *F. loa* Gujot aus der Conjunctiva, *F. labialis* Tane aus der Mundschleimhaut, etc.

6. u. 7. Familie. *Gordiden* und *Mermithiden* sind langgestreckte Würmer, die in ihrer Gestalt an die Filariden erinnern, sich aber durch ihren Bau und ihre Lebensweise wesentlich von ihnen sowie von allen übrigen Nematoden unterscheiden. Sie schmarotzen in der Leibeshöhle der Insecten und verlassen dieselbe bei feuchtem Wetter, um im Wasser ihre Eier abzusetzen. Ihr zeitweiliges massenhaftes Auftreten nach schweren Regengüssen hat zur Sage des Wurmregens Veranlassung gegeben. *Gordius aquaticus* Duj., *Mermis nigrescens* Duj.

II. Ordnung. Acanthocephalen, Kratzer.

Die wenigen Arten der Acanthocephalen werden sämmtlich der Gattung *Echinorhynchus* eingeordnet (Fig. 239); sie leben im Darm von Fischen und Säugethieren: so z. B. häufig *E. gigas* Goeze im Darm des Schweins, *E. proteus* Westr. in Fischen, äusserst selten *E. hominis* Lambl im Darm des Menschen. Sie gleichen den Ascariden in der Erscheinung, unterscheiden sich aber leicht von ihnen durch die Anwesenheit des Rüssels, eines Zapfens, welcher durch Retractoren zurückgezogen und

durch eine muskulöse Scheide ausgestülpt werden kann. Der Rüssel bohrt sich in die Darmwand ein und ist zum Festhalten mit Widerhaken besetzt, die in Quer- und Längsreihen stehen. In der inneren Anatomie sind wichtige Unterschiede zu den Nematoden der gänzliche Mangel des Darms, der eigenartige Bau der Geschlechtsorgane und ein im Hautmuskelschlauch liegendes geschlossenes Gefässnetz, welches sich auch auf zwei neben der Rüsselscheide gelegene Anschwellungen die Lemniscen, ausdehnt; zwischen den Lemniscen und mitten auf der Rüsselscheide liegt das unpaare Ganglion. Zu ihrer Entwicklung bedürfen die Echinorhynchen eines Zwischenwirths; man findet ihre Larven im Innern von Crustaceen (Wasserasseln, Flohkrebsen) und Insekten (Maikäfern).

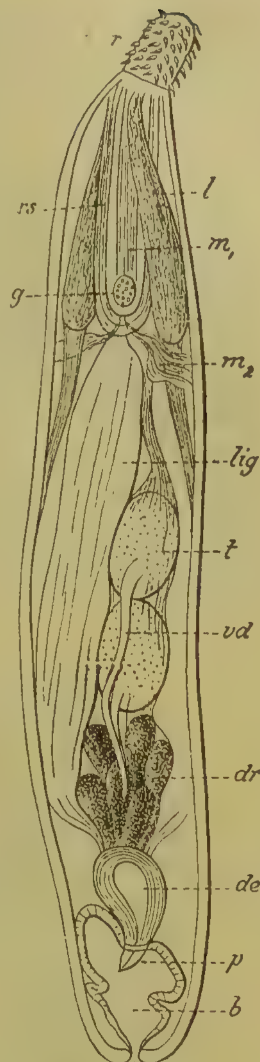


Fig. 239. Echinorhynchus angustatus, Männchen (aus Hatschek). *r* Rüssel mit Haken, *rs* Rüsselscheide, m^1, m^2 Muskeln, *g* Ganglion, *lig* Ligament, *t* Hoden, *vd* Vas deferens, *dr* Drüsen, *de* Samenblase, *p* Penis, *b* Beutel des Penis, *l* Lemniscen.

Ueber die Bildung des Geschlechtsapparats sei Folgendes bemerkt: Die Thiere sind getrennt geschlechtlich. Die Männchen besitzen paarige Hoden und paarige Samenleiter, die in einen unpaaren Abschnitt des Geschlechtsapparats münden; letzterer kann als ein glockenförmig gestalteter Penis bei der Begattung ausgestülpt werden. Beim Weibchen lösen sich die Ovarien frühzeitig in zahlreiche Gruppen von Eizellen auf, welche frei in der Leibeshöhle herumflottiren. Die reifen Eier werden auf höchst merkwürdige Weise nach aussen befördert: es existirt ein musculöser Uterus, der mittelst einer verengten Stelle mit der nach aussen mündenden Scheide zusammenhängt; der Uterus nimmt ohne Wahl reife befruchtete und unreife Eier mittelst einer weiten Mündung am oberen Ende (Uterusglocke) auf. Nur die langgestreckten, mit einer glatten Schale versehenen befruchteten Eier vermögen die verengte Stelle zu passiren und so in die Scheide und nach aussen zu gelangen; die unreifen, rauhen und rundlichen Eier müssen in die Leibeshöhle zurückwandern, und zwar durch zwei untere Oeffnungen. Neben dem Geschlechtsapparat münden Excretionsorgane vom Bau der Wassergefässe der Plattwürmer (Protonephridien).

V. Classe.

Anneliden, Ringelwürmer.

Im Stamm der Würmer nehmen die *Anneliden* oder Ringelwürmer die höchste Stufe ein; sie führen die bei den Chaetognathen angebahnte Organisation zu höherer Vollendung. Die dort nur durch die Dreitheilung der Leibeshöhle ausgedrückte Gliederung des Körpers gewinnt bei ihnen Einfluss auf die äussere Erscheinung — Ringelung oder äussere Gliederung des Körpers — und auf die Anordnung

der wichtigsten Organsysteme — metamere Anordnung der Excretionsorgane, des Nervensystems, des Blutgefässsystems: innere Gliederung. Dazu kommt die ausserordentliche Vermehrung der Zahl der Segmente, welche weit über Hundert betragen kann. Wir können somit die Anneliden definiren als Würmer mit Leibeshöhle und mit äusserer und innerer Gliederung. Voll und ganz passt diese Definition jedoch nur auf einen Theil der hier zu besprechenden Formen, auf die *Chaetopoden* und die denselben nahestehenden *Archianneliden* oder Uranneliden. Bei anderen Formen fehlt eines der beiden wichtigen Merkmale, bei den *Gephyreen* fehlt die Gliederung, bei den *Hirudineen* die Leibeshöhle. Wenn wir trotzdem beide Unterclassen zu den Anneliden rechnen, so geschieht es, weil wichtige anatomische und entwicklungsgeschichtliche Merkmale es mindestens in hohem Grad wahrscheinlich machen, dass Hirudineen und Gephyreen von typischen Anneliden abstammen und die fehlenden Merkmale — die Hirudineen die Leibeshöhle, die Gephyreen die Gliederung — früher besessen und nur durch Rückbildung verloren haben.

I. Unterclasse.

Chaetopoden, Borstenwürmer.

Gestalt.

Als Leibeshöhlenwürmer theilen die Chaetopoden mit den Nematoden die im Wesentlichen runde, auf dem Querschnitt annähernd einen Kreis ergebende Körpergestalt; sie unterscheiden sich von ihnen sofort durch ihre Gliederung. Tiefe, ringförmige Kerben markiren äusserlich die Grenzen der Segmente (Fig. 240); innerlich zerfällt die Leibeshöhle durch die Dissepimente, zarte schleierartige Membranen, die vom Hautmuskelschlauch an den Darm treten, in ebensoviel Kammern, als Metameren vorhanden sind. (Fig. 241 *d*). Auch der Darm kann zur äusseren Unterscheidung dienen; derselbe ist zwar je nach der Ernährungsweise bei den einzelnen Thieren sehr verschieden, stimmt aber stets darin überein, dass der After am hinteren Ende genau terminal liegt, während die Mundöffnung ventral verschoben und von einem ansehnlichen Kopflappen überdacht ist.

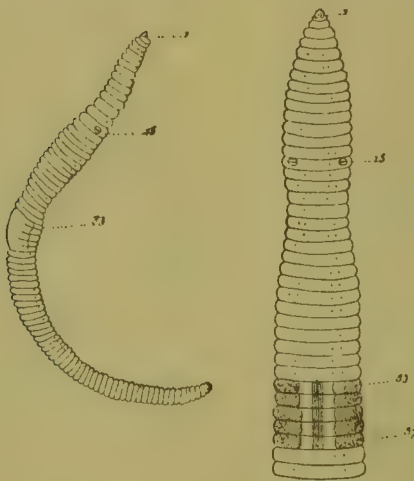


Fig. 240. Seitliche Ansicht des Regenwurms und vorderes Ende desselben stärker vergrössert und von unten betrachtet. *1* Erstes Segment mit Mund und Kopflappen. *15* fünfzehntes Segment mit männlicher Geschlechtsöffnung, *33—37* Clitellum (nach Vogt und Yung).

Unter dem Einfluss der Gliederung stehen nun weiter fast sämmtliche übrige Organsysteme, das Nervensystem, die Blutgefässe und die Excretionsorgane. Das Nervensystem ist ein typisches Strickleiternervensystem; es beginnt mit dem im Kopflappen liegenden oberen Schlundganglion; dann lenken die Schlundcommissuren auf die Bauchseite über, um das Bauchmark zu bilden, welches fast aus ebenso vielen

Nervensystem.

durch Längscommissuren verbundenen Ganglienpaaren besteht, als Segmente vorhanden sind. Diese gleichförmige Anordnung des Nervensystems ist von besonderem Interesse, indem in ihr am deutlichsten ein Grundzug der Annelidengliederung zu Tage tritt, durch den sich die Ringelwürmer wesentlich von den ebenfalls gegliederten Wirbelthieren und den meisten Arthropoden unterscheiden. Die Segmentirung ist eine homonome, indem es noch nicht zu einer verschiedenartigen Entwicklung, einer Arbeitstheilung, der Metameren gekommen ist. Im Kopflappen liegen stets Tastapparate und meistens auch Augen, die jedoch nur bei einigen marinen Formen eine höhere Ausbildung (Linse, Glaskörper, Retina) erfahren; Gehörbläschen sind selten, weit verbreitet dagegen, wenn auch nicht in allen Abtheilungen beobachtet: Wimpergrübchen am Kopf (Geruchsorgane?), becherförmige Organe am Rumpf (Geschmacksorgane) und endlich Seitenorgane, Sinnesapparate, die durch ihre genau segmentale Anordnung ausgezeichnet sind.

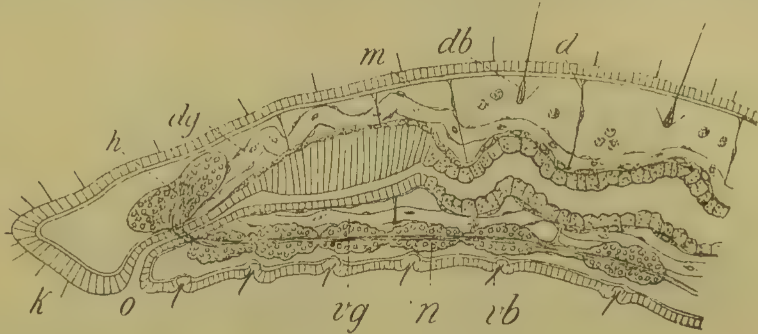


Fig. 241. Vorderes Ende von Nais elinguis *h* Hirn (oberes Schlundganglion) durch die Schlundcommissur mit dem Bauchmark (*n* Strickleiternervensystem) verbunden. *dg* contractiler dorsaler, *vg* ventraler Blutgefässstamm, *m* Muskelschicht der Haut, *db* dorsale, *vb* ventrale Borsten, *d* Dissepimente, *k* Kopflappen, *o* Mundöffnung.

Blutgefässsystem.

Von **Blutgefässen** sind constant nur zwei Hauptstämme vorhanden, die häufig, wie z. B. bei den Regenwürmern (Fig. 242), von Haemoglobin roth gefärbtes Blut führen; der eine Stamm, der dorsale, liegt auf dem Darm, der andere, der ventrale, in einiger Entfernung unter demselben; beide hängen durch linke und rechte Anastomosen zusammen, die sich segmentweise regelmässig wiederholen. Das Blut strömt im dorsalen Stamm von hinten nach vorn, im ventralen in umgekehrter Richtung; es wird durch contractile Abschnitte der Blutbahn getrieben, und zwar pulsirt gewöhnlich der dorsale Gefässstamm, seltener wie bei den Regenwürmern einige besonders kräftige Anastomosen im vordern Rumpf, die Herzen

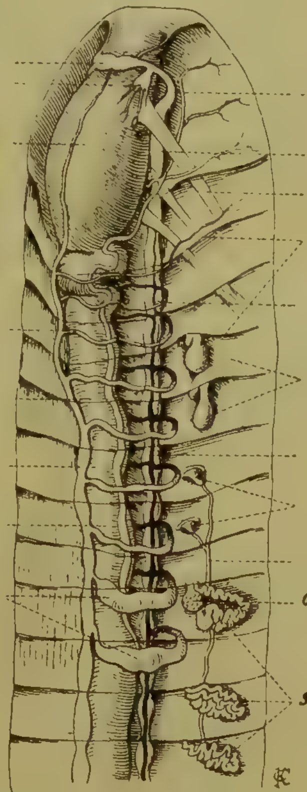


Fig. 242. Pontodrilus Marionis, vorderes Körperende vom Rücken geöffnet (nach Perrier). *ph* Pharynx mit Rückziehmuskeln (*l*), *oe* Oesophagus; *gc* Hirnganglion, *st* Pharynxganglion, *co* Schlundring, *b* Bauchmark; *dg*, *lg*, *vg* dorsale, laterale, ventrale Gefässstämme, *a* Anastomosen derselben, *c* Herzen; *ds* Dissepimente, *vd* Vas deferens mit Flimmertrichtern (*pt*), *o* Ovarien, *p* Receptacula seminis, *s* Segmentalorgane.

(Fig. 242 *C*). Ausnahmsweise fehlen Blutgefässe und circulirt das Blut in der Leibeshöhle (Capitelliden).

Urogenitalsystem.

Die Excretionsorgane (Fig. 243 *np*) der Chaetopoden haben von ihrer Anordnung den Namen Segmentalorgane erhalten, da sie in jedem Segment paarweise auftreten; jedes Organ gehört streng genommen zwei Segmenten an: es beginnt in einem vorderen mit dem Wimpertrichter, durchbohrt das Dissepiment und mündet nach complicirten Windungen in dem folgenden nach aussen. (Fig. 66.) Die in ganzer Ausdehnung flimmernden Canäle dienen meist gleichzeitig auch zum Ausleiten der Geschlechtsproducte, welche ausnahmslos bei allen Chaetopoden im Epithel der Leibeshöhle gebildet werden. Selten sind, wie bei unserem Regenwurm, neben den Segmentalorganen in den Genitalsegmenten besondere Oviducte und Samenleiter vorhanden, welche dann aber ebenfalls nach dem Schema der Schleifencanäle gebaut sind. (Fig. 249.)

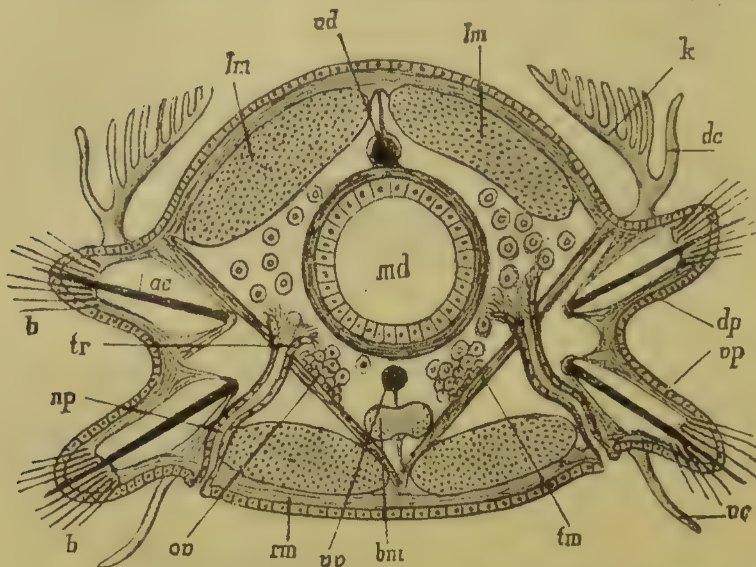


Fig. 243. Schematischer Querschnitt durch einen Ringelwurm (nach Lang). *k* Kieme, *vc* ventrale, *dc* dorsale Cirre, *dp, vp* dorsales, ventrales Parapodium, *ac, b* Borsten, *lm* Längsmuskeln, *rm* Ringmuskeln, *tm* transversale Muskeln, *np* Segmentalcanal, *tr* Wimpertrichter, *ov* Ovar, *vd, vv* dorsales und ventrales Blutgefäss, *bm* Bauchmark, *md* Darm.

Metamorphose.

Die Entwicklung ist bei den marinen Anneliden eine Metamorphose, bei welcher pelagische Larven auftreten, die sich trotz der Mannichfaltigkeit ihres Aussehens auf die Loven'sche Larve, die schon früher besprochene „Trochophora" (vergl. S. 219, Fig. 204) zurückführen lassen. Die Unterschiede beruhen vornehmlich auf Modificationen des Wimperapparats, entweder auf einer Vermehrung der ringförmigen Wimperschnüre (polytroche Larven) oder auf einer Verlagerung derselben in die Mitte oder an die Enden des Körpers (mesotroche und telotroche Larven). Die Larve wird zu einem gegliederten Wurm (Fig. 244), indem das hintere Ende bedeutend in die Länge wächst und sich gliedert. In dem gegliederten Abschnitt entsteht die Leibeshöhle als eine Neubildung, von Anfang an durch Scheidewände in zahlreiche Kammern abgetheilt. Auch die Segmentalorgane (Nephridien) bilden sich neu, unabhängig von dem Wassergefässsystem (Protonephridien) der Larve, welches vielfach auch Kopfniere heisst, da der Haupttheil der Larve den Kopflappen des Wurms liefert.

Die Süsswasseranneliden entwickeln sich zwar direct, besitzen aber als Embryonen noch Hinweise auf ein früheres Larvenleben, indem der Kopflappen sehr ansehnlich ist und auch vorübergehend eine Kopfniere enthält. Man kann daraus schliessen, dass die Thiere früher ebenfalls eine Metamorphose besessen haben. Aus der Aehnlichkeit der Trochophora mit Rotatorien schliesst man ferner, dass die Anneliden von

Rotatorien-artigen Urformen abstammten, indem das hintere Ende unter Neubildung der Leibeshöhle zum gegliederten Wurme auswuchs.

Knospung und Generationswechsel.

Neben der geschlechtlichen Fortpflanzung besteht bei manchen Süsswasser- und Meeresformen noch die Fähigkeit zur ungeschlechtlichen Vermehrung, welche durch die grosse Homonomie der Körpergliederung ermöglicht wird. Das hintere Körperende geräth in lebhaftes Wachsthum und erzeugt zahlreiche Glieder, welche sich gruppenweise als junge Thiere von dem Mutterthier abschnüren. (Fig 245.) Bei lebhafter Knospung können die Neubildungsprocesse rascher verlaufen, als es zur Ablösung kommt,

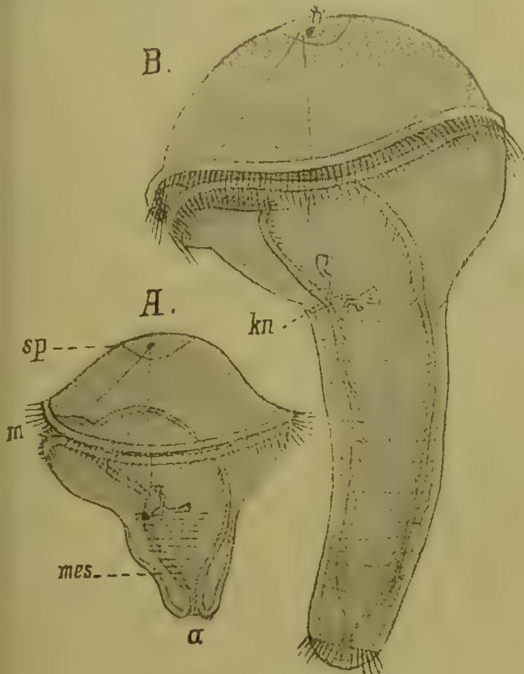


Fig. 244. *A* Larve des Polygordius. *B* beginnende Umwandlung in den gegliederten Wurm (aus Korschelt-Heider nach Hatschek). *sp* Scheitelplatte, *m* Mund, *a* After, *mes* gegliedertes Mesoderm, *kn* Kopfniere.



Fig. 245. Knospung von Myrianida (nach Milne-Edwards aus Hatschek). Die Aufeinanderfolge der Buchstaben bezeichnet das Alter der Thiere.

wodurch dann vorübergehend Stöcke hinter einander gereihter Individuen entstehen. Während der Zeit der ungeschlechtlichen Fortpflanzung fehlen die Geschlechtsorgane. Da nun ferner sich das Aussehen der Thiere häufig mit dem Beginn der Geschlechtsthätigkeit erheblich ändert, kann die Fortpflanzung den Charakter des Generationswechsels annehmen. So alternirt die geschlechtliche *Saccoznereis helgolandica* mit dem ungeschlechtlichen *Autolytus prolifer*. — Die Homonomie des Annelidenkörpers macht weiterhin die grosse Regenerationsfähigkeit bei Verstümmelungen verständlich; wenn man gewisse Lumbriciden durchschneidet, bleiben beide Theile am Leben und ergänzen die verloren gegangenen Abschnitte, weil die anatomisch sehr gleichartigen Segmente vorübergehend für einander eintreten können.

Haut, Borsten

Wir haben bisher ein wichtiges Merkmal der Gruppe, welches sogar den Namen veranlasst hat, noch nicht berücksichtigt, die Borsten oder Chaetae. Dieselben entwickeln sich in besonderen Follikeln und stehen vereint in Büscheln, von denen es in jedem Körpersegment gewöhnlich vier giebt; zwei liegen links und rechts dorsal, zwei weitere ebenso ventral. Jeder Follikel ist ein von Epithel ausgekleidetes und auf der Haut mündendes Säckchen, welches zahlreiche Borsten als cuticulare Bildungen erzeugt, wobei jede derselben das Product einer

Epithelzelle ist. (Fig. 246.) Die entwickelten Borsten ragen aus dem Follikel hervor und können durch besondere Muskeln, welche an den Grund des Follikels sich befestigen, hervorgestossen, zurückgezogen und umgelegt werden; sie sind kleine zur Fortbewegung dienende Hebel. Ihre Zahl und Befestigungsweise ist verschieden und giebt Veranlassung zur Unterscheidung von *Polychaeten* und *Oligochaeten.*

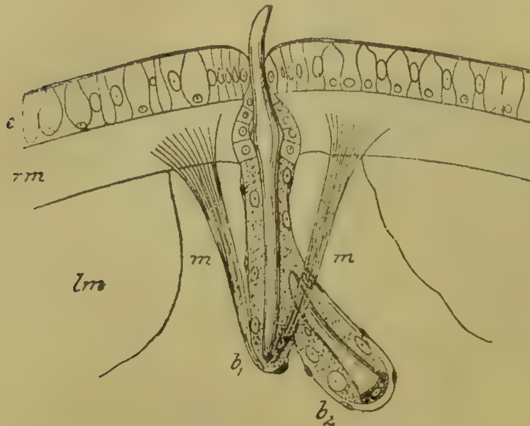


Fig. 246. Querschnitt durch Körperwand und Borstenfollikel eines Oligochaeten (aus Hatschek nach Vejdovski). *e* Epithel mit Cuticula, *rm* Ringmuskeln, *lm* Längsmuskeln, b^1 Borstenfollikel, *mm* dessen Muskeln. b^2 Ersatzfollikel mit Ersatzborste, an deren Basis noch die Bildungszelle zu sehen ist.

I. Ordnung. Polychaeten.

Die Polychaeten haben ihren Namen zwar von der grossen Zahl und der mannichfaltigen Gestalt der in einem Follikel stehenden Borsten erhalten; wichtiger ist jedoch der Umstand, dass jedes Borstenbüschel von einem Höcker der Körperoberfläche, einem Parapodium (Fig. 243, 248 *B*), getragen wird. Die Parapodien sind Fussstummeln und somit die ersten Anfänge echter Extremitäten; immerhin sind sie noch von den Extremitäten der Arthropoden wesentlich unterschieden, indem sie weder vom Körper abgegliedert noch auch selbst wieder gegliedert sind. Sie können daher keine selbständigen Bewegungen ausführen, sondern nur die Bewegungen des Gesammtkörpers unterstützen.

Auch sonst ist die Haut der Polychaeten höher entwickelt als die der Oligochaeten, indem sie namentlich auf der Rückenseite mannichfach geformte Anhänge trägt, welche man nach ihrer Gestalt, Function und Lage als Cirren, Palpen, Elytren, Kiemen etc. unterscheidet. Die Cirren sind lange von den Parapodien entspringende Fäden, welche wie die auf das Kopfsegment beschränkten Palpen zum Tasten dienen (Fig. 248); die Elytren sind dünne Lamellen, welche sich dachziegelartig decken und ein schützendes Kleid über dem Rücken erzeugen (Fig. 247).

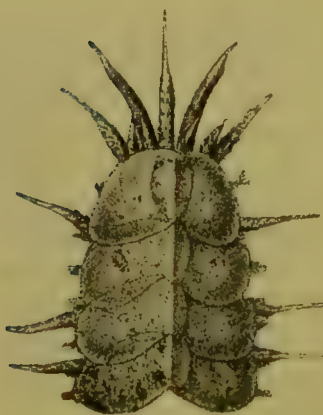


Fig. 247. Kopfende von Polynoë spinifera (nach Ehlers). Rücken ganz mit Elytren bedeckt, darunter schauen Cirren und Parapodien hervor.

Alle Polychaeten sind getrennt geschlechtlich und besitzen eine mehr oder minder ausgesprochene Metamorphose; sie sind ausschliesslich Meeresbewohner, unterscheiden sich im Uebrigen aber nach ihrer Lebensweise in festsitzende und freibewegliche Formen. Erstere leben von pflanzlicher Kost, bauen sich Röhren aus einer organischen lederartigen Substanz, die dazu noch mit Fremdkörpern incrustirt oder mit Kalk imprägnirt sein kann, und ragen aus dem freien Ende mit den vordersten Segmenten hervor; letztere scheiden zwar auch öfters Gallerthüllen aus, in die sie sich zurückziehen können, verlieren aber ihre Bewegungsfähigkeit nicht und ver-

lassen zeitweilig ihre Schlupfwinkel, um geschickt herumzuschwimmen und als gefährliche Räuber auf andere Thiere Jagd zu machen. Beide Gruppen unterscheiden sich in Folge ihrer Lebensweise auch im Bau. Bei den freischwimmenden sind Kopf und Rumpfsegmente wenig verschieden, der Anfangsdarm kann als Rüssel hervorgestossen werden und zeigt dann eine der räuberischen Lebensweise entsprechende Bewaffnung mit kräftigen Haken und Kiefern (Fig. 248 *A*). Bei den sitzenden Formen fehlt die Schlundbewaffnung, dagegen ist ein grosser Unterschied zwischen den vorderen und hinteren Körpersegmenten vorhanden; an letzteren sind die Körperanhänge meist schwach entwickelt, so dass der Körper Aehnlichkeit mit dem Körper eines Oligochaeten erhält; dafür ist gewöhnlich der Kopf und der Anfangstheil des Rumpfes (Thorax) mit reichlichen, zum Athmen und zum Herbeistrudeln der Nahrung dienenden Anhängen, den Kiemen und Tentakeln, (Fig. 59, S. 85) ausgerüstet; die unter gewöhnlichen Verhältnissen wie ein Federbusch ausgebreitete Tentakelkrone wird bei Beunruhigung blitzschnell in die Röhre zurückgezogen. — Die Unterschiede werden systematisch benutzt zur Bildung der beiden Gruppen *Errantien* und *Tubicolen*.

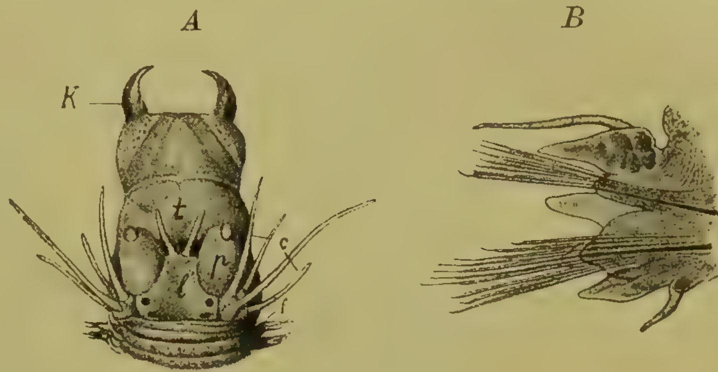


Fig. 248. *A* Kopf von Nereis versipedata mit ausgestülptem Schlundkopf (nach Ehlers). *k* Kiefer, *t* Tentakeln, *p* Palpen, *l* Kopflappen mit 4 Augen, *c* Kopfcirren. *f* Parapodien. *B* ein Parapodienpaar vergrössert.

I. Unterordnung. *Errantien* sind räuberische Formen mit starker Kieferbewaffnung des Schlundes. Die grossen *Euniciden*, welche in manchen Arten eine Länge von mehreren Fuss erreichen, können selbst Fische angreifen. *Halla Parthenopeia* Costa (fast einen Meter lang). Die *Alciopiden* sind pelagische Räuber, durchsichtig wie alle pelagischen Thiere, mit grossen, hochorganisirten Augen, *Alciope Contraini* Clap. Die *Polynoiden* sind Bewohner des Meeresgrundes, gedrungene Thiere mit einer Rückendecke von Elytren; die bekannteste Form ist die Seemaus, die *Aphrodite aculeata* L., ausgezeichnet durch seidenglänzende und metallisch schillernde Borsten; *Polynoë spinifera* Ehl. (Fig. 247).

II. Unterordnung. Die *Tubicolen* oder *Sedentarien* können ihren Platz nicht beliebig verändern, da sie in einer festgewachsenen Röhre stecken. Die Röhre ist rein membranös bei den *Sabelliden* (*Spirographis Spallanzani* Viv.), bei den *Terebelliden* mit Sand incrustirt (*Terebella conchilega* Pall.), bei den *Serpuliden* (*Serpula norwegica* Gunn.) verkalkt. Aus der Röhre kann der Wurm zwar herauswandern, er thut es aber nur, um ungünstigen Lebensbedingungen zu entgehen, meist kurz vor dem Absterben; gewöhnlich kommt vom Thier nur das vordere Ende mit der Tentakelkrone zum Vorschein (Fig. 59).

An die Polychaeten reihen sich die *Archianneliden* an, welche noch keine Borsten und Parapodien besitzen und auch sonst in Bau und Entwicklungsweise sich am meisten als ursprüngliche Formen zu erkennen geben: *Polygordius lacteus* Schn.

II. Ordnung. Oligochaeten.

Den das Meer bewohnenden Polychaeten stehen die Oligochaeten gegenüber als Thiere, welche meist im süssen Wasser, vorwiegend im Schlamm (*Limicolen*), oder in feuchter Erde (*Terricolen*) leben; sie sind niedriger organisirt als ihre marinen Verwandten, wahrscheinlich in Folge von Rückbildung, welche durch ihre vereinfachten Lebensbedingungen veranlasst wurde. Die Augen sind rudimentär oder fehlen; ebenso fehlen die Palpen, Cirren, Tentakeln, Kiemen, vor Allem die Parapodien, so dass die vier Borstenbüschel jedes Segments direct aus dem Hautmuskelschlauch hervortreten. Die Geschlechtsorgane sind hermaphrodit, Hoden und Ovarien liegen in verschiedenen Segmenten. In der Nähe der Mündungen der Geschlechtsorgane ist die Haut einige Segmente weit durch Einlagerung von Drüsenzellen verdickt (S. 252 Fig. 240); diese Verdickung, das Clitellum genannt, dient dazu, um bei der Eiablage mehrere Eier in einen gemeinsamen Cocon einzuschliessen, ausserdem aber auch bei der Begattung, welche trotz der hermaphroditen Beschaffenheit der Geschlechtsorgane eine wechselseitige ist. Die Clitellen scheiden Bänder aus, welche die Körper der copulirten Thiere gegen einander pressen, Bauch gegen Bauch, so dass nun das Sperma des einen Wurms in den anderen überströmen kann; hier wird es in besondere Behälter, die Receptacula seminis, aufgenommen.

I. Unterordnung. *Limicolen.* **Im Schlamm unserer Bäche und Tümpel findet man die** *Tubificiden* (*Saenuris rivulorum* **Lam.), die in Folge der rothen Farbe ihrer Blutflüssigkeit selbst roth erscheinen und bei massenhaftem Auftreten den Boden roth färben; es sind scheue Thiere, welche beunruhigt sich tief in ihre im Schlamm gebauten Röhren zurückziehen. An Wasserpflanzen leben die durchsichtigen** *Naideen,* **die man fast das ganze Jahr in ungeschlechtlicher Fortpflanzung antrifft:** *Nais proboscidea* **O. F. Müller.**

II. Unterordnung. *Terricolen.* **Zu den erdbewohnenden Formen gehören die Regenwürmer, die einheimischen Arten** *Lumbricus agricola* **Hoffm.,** *L. communis* **Hoffm. etc. von mittlerer Grösse, die tropischen Formen mehrere Fuss lang, von der Gestalt mittlerer Schlangen,** *Megascolides australis* **Spencer 2 Meter lang. In der Lebensweise stimmen die meisten Arten überein: indem sie sich durch die Erde hindurch fressen und die gefressene Erde als Fäcalien auf die Oberfläche tragen, lockern sie den Boden mit ihren Gängen und tragen die gute Erde aus der Tiefe zur Oberfläche; sie sind daher dem Pflanzenwuchs nicht nur nicht schädlich, sondern befördern denselben und tragen zur Urbarmachung des Bodens bei. Die Geschlechtsdrüsen unseres Regenwurms sind wegen ihrer Kleinheit schwierig zu finden. Die Eier (Fig. 249** *o*) entwickeln sich im vorderen Abschnitt des 13. Segments und werden durch Flimmertrichter (*to*) ausgeleitet, welche in kurze, das hintere Dissepiment durchbohrende und im 14. Segment mündende Canäle führen. Zum weiblichen Apparat gehören ausserdem noch die zwei Paar Receptacula seminis (st^1 u. st^2), welche im 9. und 10. Segment liegen. Von Hoden findet man zwei Paare, ein Paar im 10., ein zweites im 11. Segment (h^1 h^2); jedem Hoden gegenüber liegt ein Flimmertrichter, der Anfang eines durch das Dissepiment hindurch nach rückwärts verlaufenden Vas deferens (*vd*). Die Vasa deferentia einer Seite vereinigen sich zu einem im 15. Segment mündenden Hauptcanal. Die zwei Hoden und Flimmertrichter eines jeden Segments sind eingeschlossen und vollkommen verborgen in einer gemeinsamen Umhüllung, der Samenkapsel (*sbu*), in

welche frühzeitig die männlichen Geschlechtszellen hineingelangen, um hier ihre Reife durchzumachen. Um hierfür genügend Platz zu gewinnen, bildet jede Samenkapsel links und rechts Ausstülpungen oder Vesiculae seminales

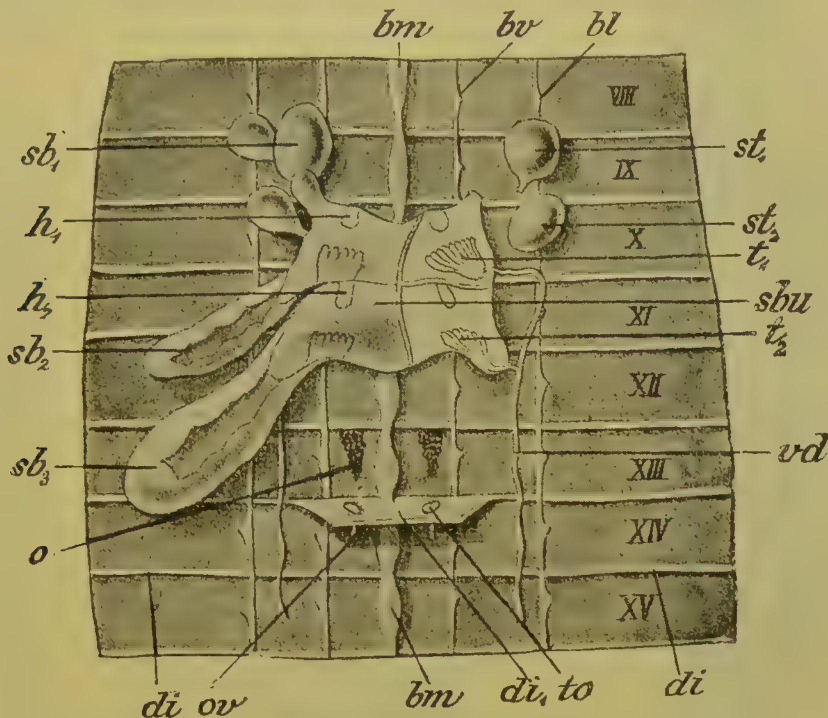


Fig. 249. Geschlechtsorgane von Lumbricus agricola (aus Lang nach Vogt und Yung). Die Samenbläschen der rechten Seite sind abgeschnitten. *bm* Bauchmark, st^1 st^2 Samentaschen (Receptacula seminis), sb^1 sb^2 sb^3 die 3 Samenbläschen der linken Seite, welche auf 2 unpaaren Samenkapseln (*sbu*) sitzen. In letzteren eingeschlossen h^1 h^2 die vorderen und hinteren Hoden und t^1 t^2 die vorderen und hinteren Samentrichter, die in das Vas deferens *vd* leiten; *o* Ovarien, *to* Flimmertrichter, die in die Oviducte *ov* leiten, *di* Reste der Dissepimente. *VIII—XV* *8.—15.* Segment.

(sb^1—sb^3), welche vom ganzen Geschlechtsapparat am meisten in die Augen fallen. Zwei Paar Vesiculae seminales gehören der Samenkapsel des 10. Segments an, 1 Paar der Samenkapsel des 11. Segments.

II. Unterclasse.

Gephyreen.

Die ausschliesslich im Meere vorkommenden Gephyreen unterscheiden sich von den Chaetopoden auf den ersten Blick durch den gänzlichen Mangel der Gliederung; ihr Körper ist ein plumper, ovaler oder walzenförmiger Sack, dessen Rundung durch eine geräumige Leibeshöhle veranlasst, dessen vorderes Ende durch die Lage der Mundöffnung bezeichnet wird. Um die Mundöffnung herum steht entweder ein Kranz von Tentakeln (Sipunculiden) (Fig. 250), welche durch besondere Retractoren (*r*) tief in den Schlund zurückgezogen werden können, oder der Mund ist dorsal von einem spatelförmigen Kopflappen überdacht, der 5—10 Mal so lang wie das Thier und am Ende in 2 Zipfel gegabelt sein kann. (Fig. 251 A.)

Wie im Aeussern, so fehlen auch im Innern Zeichen der Gliederung; vor Allem fehlen die Dissepimente. Die Segmentalorgane sind an Zahl

reducirt; im Maximum sind 3 Paare vorhanden; häufig findet sich sogar nur ein einziges unpaares Organ; sie haben gewöhlich die Aufgabe, die im Epithel der Leibeshöhle entstandenen Geschlechtsproducte mit ihrem Flimmertrichter aufzunehmen und auszuleiten. Zur Excretion dienen da-

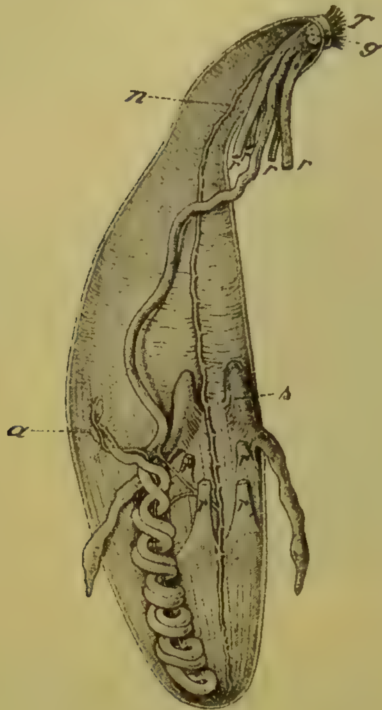


Fig. 250. Phascolosoma Punta arenae (nach Keferstein). *T* Tentakelkranz, *g* oberes Schlundganglienpaar, *n* Bauchmark, *r* die 4 durchschnittenen Retractoren, *s* Segmentalorgane, *a* After.

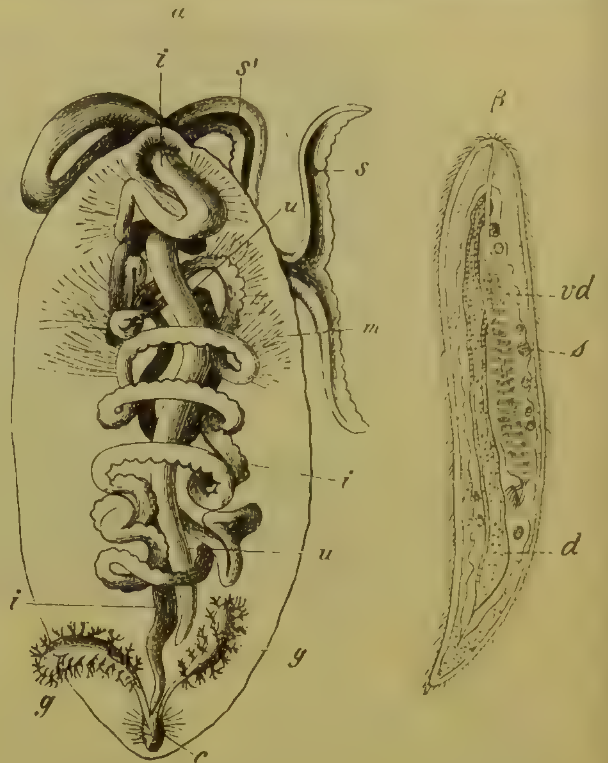


Fig. 251 A. Bonellia viridis (aus Huxley). *α* Weibchen. *s* Kopflappen, *i* Darm, *u* einziges Segmentalorgan, welches als Eileiter functionirt, *m* Muskeln, welche sich an den Darm inseriren, *c* Cloake, *g* Excretionsorgane. *β* Männchen stark vergrössert. *d* rudimentärer Darm, *vd* Segmentalorgan mit Flimmertrichter, welches als Vas deferens fnnctionirt; *s* die in der Leibeshöhle reifenden Samenballen.

gegen 2 Schläuche, die in den Enddarm münden und reich mit verästelten Canälen bedeckt sind, welche bei den *Chaetiferi* durch Flimmertrichter mit der Leibeshöhle communiciren. (Fig. 251 *g*.) Diese Schläuche haben einige Aehnlichkeit mit den Wasserlungen der Holothurien und haben dadurch die irrige Ansicht einer näheren Verwandtschaft mit den Echinodermen veranlasst, worauf der Name Brückenthiere, überleitende Thiere (*γέφυρα*, die Brücke), zurückzuführen ist.

Von allen Organen erinnern am meisten das Blutgefässsystem und das Nervensystem an die Anneliden. Ersteres besteht aus einem ventralen und dorsalen Längsstamm, letzteres aus Hirnganglien und Bauchmark; freilich besitzt das Bauchmark keine Gliederung in Ganglien und ist ein continuirlicher Nervenstrang geworden. (Fig. 250 *n*.)

Für die Entscheidung der systematischen Stellung der Gephyreen ist die Entwicklungsgeschichte von grosser Bedeutung gewesen. Bei einem Theil (Chaetiferi) findet sich die Trochophoralarve; aus ihr entsteht der Wurm wie bei den Chaetopoden durch Auswachsen des hinteren Endes, welches anfänglich auch eine gegliederte Leibeshöhle und ein gegliedertes Bauchmark hat, später aber die Gliederung verliert. (Fig. 251 B.)

I. Ordnung. *Gephyrei chaetiferi.* Würmer mit spatelförmigem, nicht selten am Ende gabelförmig getheiltem Kopflappen, mit Resten von Anneliden-Borsten; Entwicklung mittelst der Trochophora. Aus der Gruppe hat *Bonellia viridis* Rol. besonderes Intersse durch ihren Geschlechtsdimorphismus erregt. Lange Zeit kannte man nur das grüngefärbte Weibchen, einen 5—8 cm langen Sack mit einem 20—30 cm langen, am Ende gegabelten Kopflappen; erst in der Neuzeit wurde das etwa 1 mm lange Männchen entdeckt, welches im Anfangsdarm des Weibchens schmarotzt, eine ganz andere Gestalt und Farbe besitzt und nur zum Zweck der Begattung in den Oviduct überwandert. (Fig. 251 A *β*.)

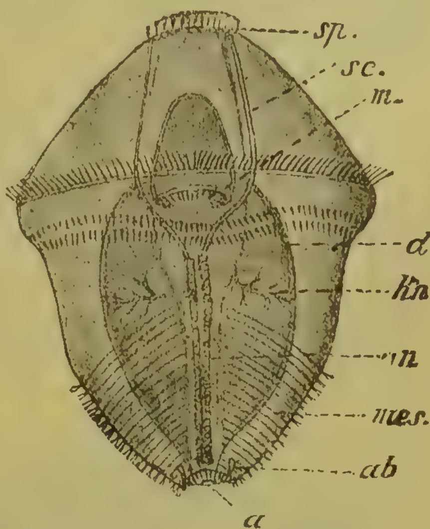


Fig. 251 B. Larve von Echiurus mit Andeutung von Gliederung (nach Hatschek aus Korschelt-Heider). *a* After, *ab* Analblasen, *d* Darm, *kn* Kopfniere, *m* Mund, *mes* Mesodermstreifen, *n* Bauchmark, *sc* Schlundcommissur, *sp* Scheitelplatte.

II. Ordnung. *Gephyrei inermes* (Fig. 250). Die Thiere unterscheiden sich nicht nur durch den Mangel der Borsten von den Chaetiferi, sondern auch durch die ein- und ausstülpbare Tentakelkrone und die rückenständige Lage der weit nach vorn verlagerten Afteröffnung; ferner fehlt während des Larvenlebens jede Andeutung von Gliederung. Die in den Enddarm mündende Niere ist ein Protonephridium mit blind geschlossenen Enden und mit Flimmerläppchen. Daher ist es zweifelhaft, ob für die *G. inermes* die für die *G. chaetiferi* geltende nähere Verwandtschaft mit den Chaetopoden ebenfalls Berechtigung besitzt. In der Neuzeit überwiegt die Neigung, die „*Inermes*" von den Anneliden zu trennen und wegen des nach vorn verlagerten Afters unter dem Namen *Prosopygier* mit den *Bryozoen* und *Brachiopoden* zu vereinigen. *Sipunculus nudus* L., *Priapulus caudatus* Lam., beide im Meeresschlamm bohrend.

III. Unterclasse.

Hirudineen. Egelwürmer.

Bei der äusseren Betrachtung der Hirudineen verdienen zur Unterscheidung von den Chaetopoden drei Merkmale besondere Beachtung. Erstens ist die Haut vollkommen frei von Borsten, dagegen bewaffnet mit zwei Saugnäpfen, von denen der eine das hintere Ende des Körpers einnimmt und nur zum Festhalten und zur Fortbewegung dient, der andere am vorderen Ende liegt, von der Mundöffnung durchbohrt ist und daher auch zum Ansaugen der Nahrung verwandt wird. Bei der Fortbewegung befestigen die Blutegel abwechselnd den vorderen und hinteren Saugnapf und kriechen in dieser Weise ziemlich rasch nach Art der Spannerraupen; ausserdem vermögen sie gewandt mittelst schlängelnder Bewegungen des ganzen Körpers zu schwimmen. Acussere Gestalt.

Ein zweites Merkmal der äusseren Erscheinung ist die ausserordentlich feine Ringelung des Körpers. Eine genaue Untersuchung derselben hat zu dem Resultat geführt, dass bei manchen Arten 3mal, bei andern 5mal so viel Ringel als Segmente vorhanden sind, weil jeder ursprüngliche Segmentring durch secundäre Einkerbungen in eine Gruppe

von Ringeln zerlegt ist. In jeder solchen Gruppe von Ringeln ist der vorderste besonders ausgezeichnet, indem er allein die genau segmental angeordneten „becherförmigen“ Sinnesorgane trägt. — Wie bei den Regenwürmern können bei den Blutegeln gewisse Ringel durch reichliche Drüsenbildung zum „Clitellum“ anschwellen.

Ein dritter äusserlich wahrnehmbarer Unterschied der Hirudineen von den Anneliden ist die ausgesprochene dorso-ventrale Abplattung der Körpergestalt, welche vollkommen an die bei Plathelminthen herrschenden Verhältnisse erinnert; auch hier hängt dieselbe mit dem Mangel der Leibeshöhle zusammen. Die Blutegel haben ganz wie die Planarien und Leberegel ein aus Längs-, Quer- und dorsoventralen Muskeln durchsetztes Körperparenchym, in welches die Organe unmittelbar eingebettet sind. (Fig. 252.)

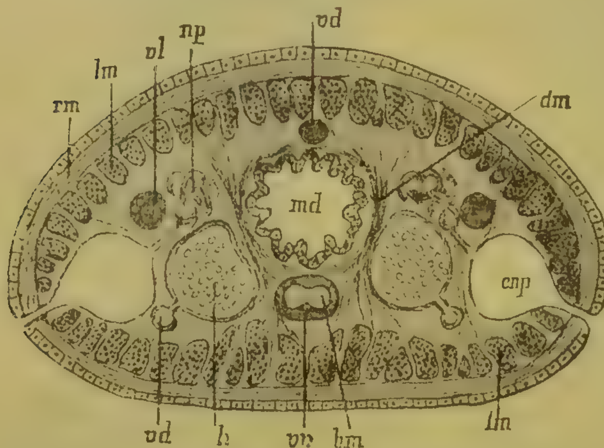


Fig. 252. Querschnitt durch Hirudo medicinalis (aus Lang). *dm, lm, rm* dorsoventrale, longitudinale, ringförmige Muskeln, *vl, vd, vv* laterales, dorsales, ventrales Blutgefäss, in letzterem das Bauchmark *bm*, *h* Hoden, *vd* Vas deferens, *md* Mitteldarm, *np* Schleifencanal, *cnp* Harnblase.

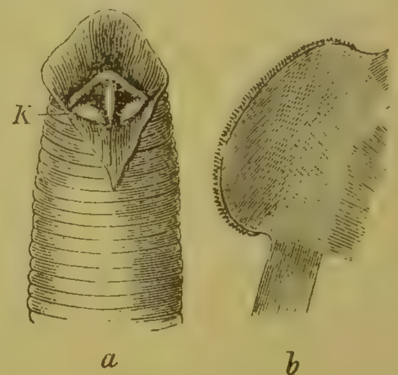


Fig. 253. Hirudo medicinalis (nach Leuckart aus Claus). *a* vorderes Ende mit ventral geschlitzter Mundhöhle, um die Kiefer (*K*) zu zeigen, *b* ein einzelner Kiefer mit seinen Muskeln stärker vergrössert.

Darm.

Für den Darm (Fig. 254) der Blutegel gilt allgemein, dass er mit einer linken und rechten Reihe von Blindsäcken ausgerüstet ist, welche — beim medicinischen Blutegel 11 an der Zahl — während des Saugens sich mit Blut füllen. Zwischen den zwei letzten und grössten Blindsäcken liegt der Enddarm der über dem hinteren Saugnapf nach aussen mündet. Im Bau der Mundhöhle ergeben sich wichtige Unterschiede zwischen *Rüssel-* und *Kieferegeln*. Bei den Rüsselegeln erhebt sich vom Grund der Mundhöhle ein fein zugespitzter, conischer Zapfen, der aus dem Mund hervorgestossen werden kann und dann zum Verwunden und Saugen benutzt wird. Bei den Kieferegeln dagegen, z. B. dem medicinischen Blutegel, liegen in der Mundhöhle drei Kiefer (Fig. 253); dieselben sind halbkreisförmige Chitinplatten, deren gekrümmter freier Rand nach Art einer Kreissäge mit zahlreichen, spitzen Zähnen besetzt ist, während an die Basis zweierlei Muskeln herantreten; die einen ziehen die Kiefer in die Ruhelage, in die Kiefertaschen, zurück, die andern ziehen sie heraus und schlagen, indem sie den Rand wie eine Kreissäge bewegen, die Wunde zum Saugen, welche aus drei von einem Mittelpunkt divergirenden feinen Einschnitten besteht. Die Blutung aus der Wunde ist schwer zu stillen, da einzellige Drüsen der Mundgegend ein das Gerinnen des Blutes verhinderndes Secret produciren.

Das Nervensystem (Fig. 255) besteht aus einer Kette von Bauchganglien und einem Paar Hirnganglien; letztere liefern die Nerven für die am Kopf gelegenen Augen, welche aus der Modification von „becherförmigen Sinnesorganen" entstanden sind. Links und rechts vom Bauchmark liegen die zwitterigen Geschlechtsorgane: bei unserem Blutegel (Fig. 255 *h*) 9 Paar Hoden, deren Ausfuhrwege auf jeder Seite sich zu einem Vas deferens (*vd*) vereinen. Die Vasa deferentia verlaufen nach dem vorderen Ende des Thieres, bilden durch Verknäulung die sogenannten Nebenhoden (*nh*) und münden schliesslich in den unpaaren, birnförmigen, ausstülpbaren Penis (*p*). Im Zwischenraum zwischen den Nebenhoden und dem ersten Hodenpaar trifft man den weiblichen Geschlechtsapparat; ein Paar Ovarien (*ov*) und eine unpaare Vagina (*u*). — Lateralwärts von den Geschlechtsorganen liegen die Schleifencanäle (*sc*), bei H. medicinalis jederseits 17 complicirt gewundene Canäle, deren Secret sich in einer nach aussen mündenden Harnblase (*hb*) sammelt. Nervensystem, Geschlechtsorgane, Nieren.



Fig. 254. Darm von Hirudo medicinalis (aus Lang) *a* Oesophagus, d_1, d_2 Blindsäcke, *b* Enddarm mit After.

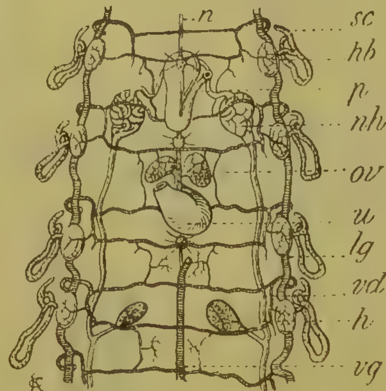


Fig. 255. Nervensystem, Blutgefässe, Geschlechtsorgane und Schleifencanäle des Blutegels, von der Bauchseite gesehen. *n* Bauchmark im hinteren Theil nicht sichtbar, weil es hier im Bauchgefäss liegt, *sc* Schleifencanäle, *hb* dazu gehörige Harnblasen, *p* Penis, *nh* Nebenhoden, *ov* Ovar, *u* Uterus und Scheide, *vd* Vas deferens, *h* Hoden, *lg*, *vg* laterales und ventrales Blutgefäss mit Verästelungen.

Das meist rothes Blut enthaltende Gefässsystem zeigt ausser reich verästelten kleineren Gefässen und einem gut entwickelten Capillarnetz 4 grosse Längsstämme, einen dorsalen, einen ventralen und zwei laterale (Fig. 252, 255). Das dorsale Blutgefäss entspricht dem dorsalen Blutgefäss der übrigen Anneliden. Dagegen scheinen die drei übrigen Gefässe aus der Leibeshöhle der Chaetopoden entstanden zu sein, indem das Lumen der letzteren durch reichliche Wucherung des Parenchyms zu 3 canalartigen, mit den echten Blutgefässen in Verbindung tretenden Räumen eingeengt wurde. Diese Auffassung, der zufolge die Hirudineen parenchymatös entartete Coelhelminthen sein würden, stützt sich darauf, dass die drei Gefässe zu anderen Organen Beziehungen zeigen, wie sie sonst nur der Leibeshöhle zukommen: im ventralen Blutgefäss ist das Bauchmark eingeschlossen; in die lateralen Stämme münden bei manchen Arten die Schleifencanäle mit offenen Flimmertrichtern. Gefässsystem.

I. Ordnung. *Gnathobdelleen* Kieferegel. Der bekannteste Repräsentant, der *Hirudo medicinalis* L., findet sich noch in Ungarn, ist dagegen bei uns in Deutschland so gut wie ganz ausgerottet und wird nur noch in manchen

Gegenden in besonderen Teichen gezüchtet. Mit ihm wird leicht der Pferdeegel *Haemopis vorax* Moq. Tand. und das *Aulostomum gulo* Moq. Tand. verwechselt, deren Kiefer zu schwach sind, um die menschliche Haut durchzubeissen; sie sind daher beim Saugen auf Schleimhäute angewiesen.

II. Ordnung. *Rhynchobdelleen,* Rüsselegel. Bei uns sind einheimisch die sich von Schnecken ernährenden *Clepsinen,* in den Tropen dagegen leben die *Haementarien,* der Schrecken der Reisenden; ihr Rüssel ist so spitz, dass er ebenso wirksam ist wie die Kiefer des medicinischen Blutegels und die menschliche Haut durchbohren kann. *Haementaria officinalis* de Fil.

VI. Classe.

Enteropneusten.

Die wenigen hierher gehörigen Meerthiere lassen sich alle zur Gattung *Balanoglossus* (*B. claviger* delle Chiaje, *B. minutus* Kow.) ziehen. Die Thiere haben noch vollkommen den Habitus von Würmern und bohren auch wie viele derselben im Schlamm. Ihr Körper besteht aus drei Abschnitten, aus Rüssel, Kragen und Rumpf. (Fig. 256.) Der **Rüssel**, welcher im Kragen eingelassen ist wie die Eichel in der Cupula (daher der Name Balanoglossus, Eichelzunge), umschliesst einen Hohlraum, der auf der Rückenseite nach aussen mündet und durch diese Oeffnung nach Belieben prall mit Meerwasser gefüllt werden kann. Er dient nebst dem durch Wasser ebenfalls schwellbaren **Kragen** zum Kriechen im Sand und ist somit ein Locomotionsorgan ähnlicher Art, wie das später zu besprechende ambulacrale Gefässsystem der Echinodermen; da es ferner wie dieses vom Darm aus als ein sich abschnürender Blindsack entsteht, sind die verwandtschaftlichen Beziehungen zur genannten Thiergruppe offenkundig.

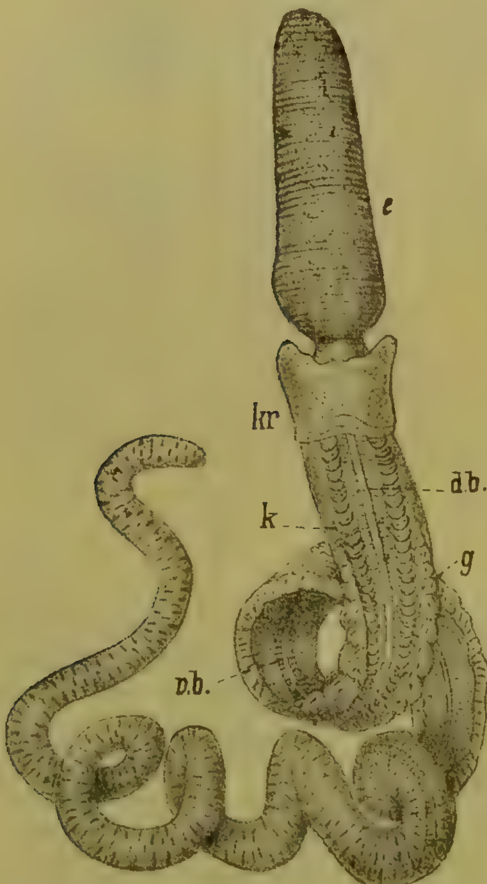


Fig. 256. Balanoglossus Kowalewski (aus Korschelt-Heider nach Agassiz). *e* Eichel, *kr* Kragen, *k* Kiemenregion, *g* Gegend der Geschlechtsorgane, *db*, *vb* dorsales und ventrales Blutgefäss.

Der Name „*Enteropneusten*“ „Darmathmer“ ist durch eine zweite Eigenthümlichkeit des Balanoglossus verursacht. Die ventral vor dem Kragen gelegene Mundöffnung führt in einen Darm, dessen vorderer Abschnitt in seiner dorsalen Wand von einer **linken und rechten Reihe von Kiemenspalten** durchbrochen wird, während der hintere Abschnitt mit Leberblindschläuchen bedeckt ist. Der Darm ist in eine Leibeshöhle eingeschlossen und wird von einem dorsalen und ventralen Blutgefäss begleitet, zu welchem als Theile der Blutbahn noch laterale

Canäle, ein Herz (?) und reichliche Verästelungen kommen. Sehr eigenthümlich ist das zum Theil noch im Ectoderm lagernde Nervensystem. Die Geschlechtsorgane endlich sind zahlreiche Follikel, welche zwischen Leber- und Kiemenregion, zum Theil noch in diese hineinreichend, liegen und direct nach aussen münden.

Die Larve des Balanoglossus, die *Tornaria* (Fig. 257) gleicht den Echinodermenlarven so sehr, dass sie früher hierfür gehalten wurde. Die Aehnlichkeit wird besonders durch die Anordnung der Flimmerschnur bedingt, innerlich noch weiter dadurch, dass sich vom Darm Blindsäcke abschnüren, welche wie bei den Echinodermen die Anlagen von Ambulacralgefässsystem und Leibeshöhle liefern.

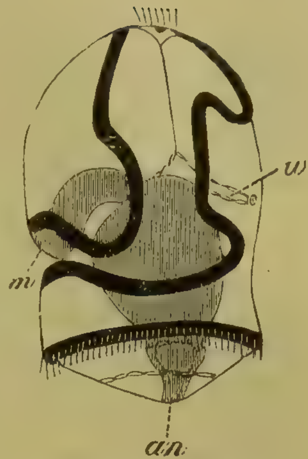


Fig. 257. Tornaria-Larve des Balanoglossus (aus Balfour nach Metschnikoff). *m* Mund, *an* After, *w* Ambulacralgefäss.

Anhang zu den Würmern.

VII. Classe.

Tunicaten, Mantelthiere.

Vom Bau und von der Erscheinungsweise der Würmer entfernen sich die ausschliesslich im Meere lebenden Tunicaten in ganz erheblicher Weise; dafür besitzen sie im ausgebildeten Zustand eine äussere Aehnlichkeit mit den siphoniaten Muscheln und während ihrer Entwicklung eine Uebereinstimmung im Bau wichtiger Organe mit den Wirbelthieren. Ersteres war Veranlassung, dass man lange Zeit die Thiere als *Molluscoiden* den echten Mollusken anschloss, ein Verfahren, welches nach unserm jetzigen Wissen vom Bau und von der Entwicklung beider Abtheilungen gar nicht mehr vertheidigt werden kann. Die ontogenetische Uebereinstimmung dagegen hat dazu geführt, Wirbelthiere und Tunicaten als *Chordonier* zu vereinigen. Wenn man nun auch zugeben muss, dass viele Merkmale eine Verwandtschaft mit den Wirbelthieren beweisen, so sind doch die vorhandenen Unterschiede so ausserordentliche, dass kein besonnener Systematiker sich so leicht dazu entschliessen wird, die Tunicaten unter die Wirbelthiere aufzunehmen, weil ein solcher Schritt die Charakteristik des so einheitlichen Wirbelthierstammes unmöglich machen würde.

Ihren Namen haben die Tunicaten der Tunica zu verdanken, einer Hülle, welche wie eine Cuticula durch Ausscheidung vom Hautepithel gebildet wird; von gewöhnlichen Cuticulae unterscheidet sie sich jedoch durch ihre feinere Structur, welche mit der Structur der Bindesubstanzen übereinstimmt, indem Zellen in der Grundsubstanz eingeschlossen sind. Die Grundsubstanz ist bald faserig, bald homogen und hat noch die weitere interessante Eigenthümlichkeit, dass sie bei der Elementaranalyse die gleiche Zusammensetzung aus C, O und H er-

giebt, wie die Cellulose ($C_6 H_{10} O_5$) und auch mit diesem specifisch pflanzlichen Stoff im microchemischen Verhalten übereinstimmt (Blaufärbung bei Behandlung mit Jodjodkalium und Schwefelsäure, Violettfärbung bei Chlorzinkjodzusatz). Aus keiner Thierabtheilung kennt man so reichliche Cellulosebildung.

Ein weiteres Merkmal ist die Umwandlung des Vorderdarms in eine Kieme, indem seine Wandung von Spalten durchbrochen wird, welche entweder direct nach aussen oder häufiger in einen Vorraum, den Perithoracalraum leiten. Während das Athemwasser durch die Kiemenspalten abfliesst, werden die gleichzeitig mit ihm aufgenommenen Nahrungsbestandtheile von einem ringförmigen Flimmerband erfasst und dem Darm zugeleitet, umhüllt von Schleim, welcher vom Endostyl ausgeschieden wird, einer flimmernden, für alle Tunicaten charakteristischen ventralen Rinne des Kiemen-darms.

Zwischen dem hinteren Ende des Endostyls und dem Magen liegt auf der ventralen Seite der Herzschlauch, eingeschlossen in einen Herzbeutel; er besitzt die sonst nirgends wieder vorkommende Eigenthümlichkeit, dass die Richtung der Contractionen innerhalb kurzer Zeit wechselt; nachdem das Herz einige Zeit alles Blut nach dem Endostyl getrieben hat, ruht es auf kurze Zeit aus und beginnt dann seine Thätigkeit in entgegengesetzter Richtung, indem es das Blut von dem Endostyl weg nach dem Magen pumpt.

Wenn wir zu der vorstehenden Schilderung noch hinzufügen, dass ein dorsal gelegenes Ganglion und ein hermaphroditer Geschlechtsapparat vorhanden ist, so sind die allgemein giltigen Merkmale der Classe erschöpft; im Uebrigen unterscheiden sich die Endglieder der Reihe wesentlich von einander, werden aber durch Mittelformen einander so sehr genähert, dass an einer nahen Verwandtschaft nicht gezweifelt werden kann. An dem einen Ende der Reihe stehen die *Appendicularien*, an dem anderen die *Salpen* mit den ihnen nahe verwandten *Doliolen;* vermittelnde Formen sind *Ascidien* und *Pyrosomen*..

I. Ordnung. Appendicularien.

Die ein oder wenige Cm. grossen Appendicularien leben meist an der Oberfläche des Meeres, mit dem vorderen Ende in ein gallertiges Gehäuse eingelassen, welches sie ohne Schädigung verlassen können: wie Kaulquappen schwimmen sie geschickt mittelst eines Ruderschwänzchens, das vom hinteren Ende des Rumpfes entspringt. Im Rumpf (Fig. 258) liegt der hufeisenförmige Darm, der nur zwei grosse Kiemenspalten besitzt, welche ebenso wie der After im Gegensatz zu allen übrigen Tunicaten direct nach aussen münden. Unter dem Darm treffen wir das Herz, oberhalb die hermaphroditen Geschlechtsorgane und das Nervensystem. Letzteres besteht aus einem Hirnganglion, welchem ein höchst einfach gebautes Gehörorgan anliegt, und einem Strang ganglöser Knötchen, der sich in den Schwanzabschnitt hinein erstreckt. Die feste Axe des Schwanzes bildet die Chorda dorsalis, ein von einer Zellenscheide umschlossener Gallertstrang, der den Muskeln zur Insertion dient und eine kurze Strecke weit in den Rumpf eindringt. Dieses Eindringen sowie der Umstand, dass die Reihe der Schwanzganglien wie das Rückenmark der Wirbelthiere dorsal von der Chorda lagert, muss jetzt schon besonders betont werden. *Oikopleura cophocerca* Ggbr.

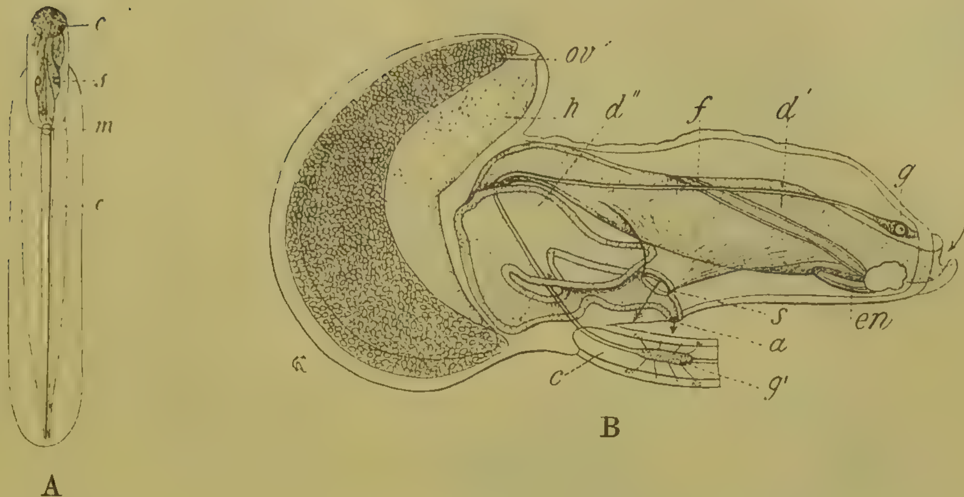


Fig 258. Oikopleura cophocerca Ggbr. (nach Fol). A das ganze Thier aus seinem Gehäuse herausgenommen vom Rücken gesehen, B der Rumpf mit der Basis des Schwanzes in seitlicher Ansicht besonders dargestellt und stärker vergrössert, ausserdem im Vergleich zu A um 90 Grad gedreht. *o* (*ov*) Ovar, *h* Hoden, *d'* Kiemendarm, *d''* nutritorischer Darm mit Leberblindsack, *en* Endostyl, *f* Flimmerrinne, *s* Kiemenspalte, *a* After, *c* Chorda, *g* oberes Schlundganglion mit anliegenden Hörbläschen und Verbindungsnerven zu *g'* erstem Ganglion des Schwanzes. Die Pfeile bezeichnen die Richtung der Wassercirculation, durch die Mundöffnung hinein, zum Theil durch die Kiemenspalten, zum Theil durch den After heraus.

II. Ordnung. Thethyodeen, Ascidiaeformes.

Mit Ausnahme der im Wasser frei flottirenden Pyrosomen sind alle Ascidien an Felsen, Pfählen, Hafenbauten oder am Grund des Meeres festgewachsen. Das mit der sitzenden Lebensweise zusammenhängende erhöhte Schutzbedürfniss hat zu einer enormen Entwicklung der Cellulosehülle geführt, welche mehr als die Hälfte des Thierkörpers ausmachen kann und, alle inneren Organe verdeckend, den Ascidien ein plumpes und unförmliches Aussehen verleiht. Zwei meist auf erhabenen Stellen angebrachte Oeffnungen, die Egestions- und Ingestionsöffnung, führen in das Innere des Körpers hinein und spritzen Wasserstrahlen aus, wenn man die Thiere aus dem Wasser herausnimmt. (Fig. 259 *A*.)

Nach Entfernung des Cellulosemantels findet man einen vollkommen an die Würmer erinnernden Hautmuskelschlauch, ein Netzwerk von circulär zu den beiden Oeffnungen angeordneten und longitudinalen Muskelfasern. Eingeschlossen in dem Muskelschlauch liegen die Eingeweide, unter denen der Anfangs- oder Kiemendarm den ansehnlichsten Theil ausmacht. Der Kiemendarm, in den man durch die von kleinen Tentakeln umstellte Mundöffnung oder die Ingestionsöffnung hineingelangt, ist ein weiter Sack, der einen ansehnlichen Hohlraum, die innere Kiemenhöhle, umschliesst und selbst wieder in einem ihn allseitig umhüllenden Raum, dem Peribranchial- oder Perithoracalraum (äussere Kiemenhöhle), längs einer die Bauchseite bezeichnenden Linie aufgehängt ist (in der Figur auf der linken Seite). Die Wand des Kiemendarms ist netzförmig durchbrochen von feinen flimmernden Kiemenspalten, die in Längs- und Querreihen gestellt sind (Fig. 259 *C*); durch sie fliesst das durch den Mund aufgenommene Athemwasser in den Perithoracal-

raum und von diesem durch die Egestionsöffnung nach aussen ab: letztere ist somit nicht mit der Afteröffnung identisch.

Während das Athemwasser durch die Kiemenspalten direct in den Perithoracalraum gelangt, schlagen die Nahrungsbestandtheile den weiteren Weg durch den hinteren oder nutritorischen Darmabschnitt ein. Durch Vermittlung der den Eingang zur Athemhöhle umgreifenden Flimmerbögen und umhüllt vom Schleim des Endostyls (wegen der ventralen Lage auch Hypobranchialrinne genannt) kommen sie in den am Grund des Kiemensacks beginnenden Oesophagus, von da in den Magen, welcher meist mit einer Leber versehen ist, und endlich durch ein gewundenes Darmrohr durch den After in den Perithoracalraum. Da in letzteren auch die Geschlechtsproducte entleert werden, so heisst der unter der Egestionsöffnung gelegene Theil desselben auch Cloake. Wie die Kieme im Perithoracalraum, so kann der übrige

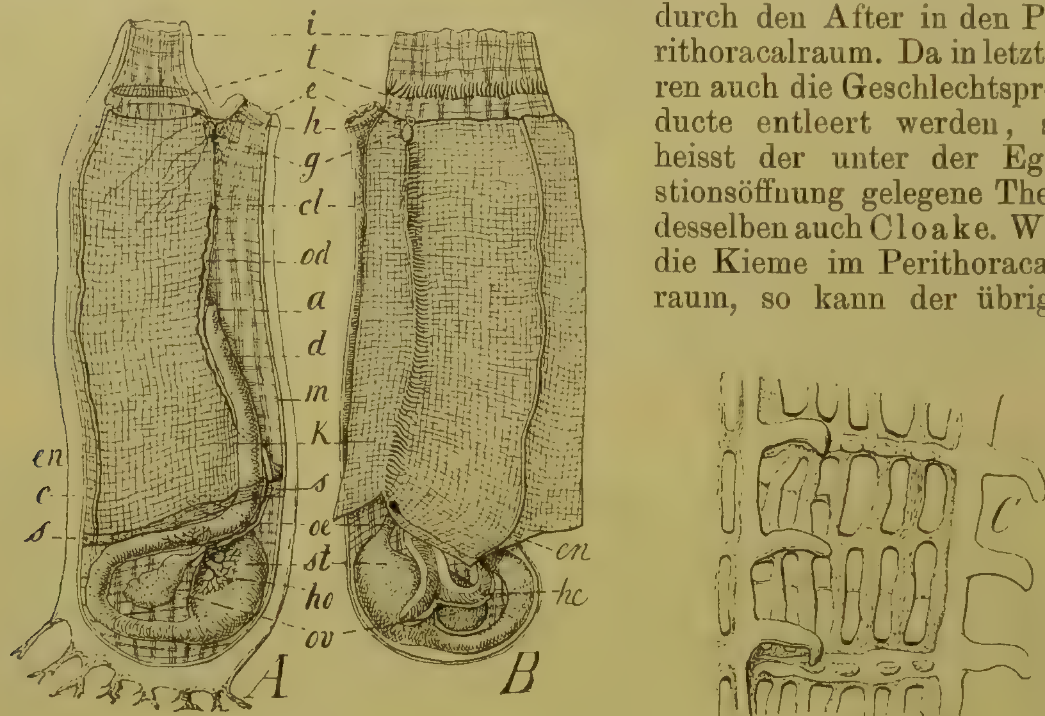


Fig. 259. Ascidia (Cione) intestinalis. *A* von der linken Seite gesehen, linke Seite des Cellulosemantels und des Hautmuskelschlauchs entfernt. *B* von der rechten Seite gesehen, Cellulosemantel ganz entfernt, Kiemendarm von der Ingestionsöffnung aus geöffnet, *i* Ingestionsöffnung, *t* Tentakelkranz, *e* Egestionsöffnung, *h* Mündung der „Hypophysis", *g* Ganglion, *cl* Cloake (Perithoracalraum), *od* Oviduct (die schwarze Linie daneben das Vas deferens), *a* After, *d* Enddarm, *m* Hautmuskelschlauch, *k* Kiemensack, *s* Scheidewand zwischen Cloake und Leibeshöhle, *oe* Oesophagus, *st* Magen, *ho* verästelte Hodenschläuche am Magen und Darm, *ov* Ovar, *he* Herz mit Pericard, *en* Endostyl oben an den Flimmerbogen endend. *c* Cellulosemantel am unteren Ende mit Haftfäden. *C* Ein Stück des Kiemennetzes von Cione intestinalis stärker vergrössert, um die Kiemenspalten zu zeigen.

Darm in einer besonderen Leibeshöhle eingeschlossen sein, welche dann durch eine zarte Scheidewand von dem Perithoracalraum getrennt wird. (Fig. 259 *A*, *s*.)

In der Leibeshöhle, welche bei Ascidien mit gedrungener Körpergestalt fehlt, finden sich ferner noch die Geschlechtsorgane und das Herz, letzeres als ein Sförmiger Schlauch zwischen Magen und Endostyl ausgespannt. Dem Endostyl gegenüber in der dorsalen Wand des Kiemendarms hält das Ganglion die Mitte zwischen Ingestions- und Egestionsöffnung; unter ihm liegt eine verästelte Drüse, welche in den an die Ingestionsöffnung grenzenden Darmabschnitt mündet und, weil sie dadurch an einen rasch vorübergehenden Entwicklungszustand

der Hypophysis der Wirbelthiere erinnert, mit zweifelhaftem Recht Hypophysis genannt wird.

Aus den Eiern der Ascidien gehen kleine, lebhaft bewegliche Larven hervor (Fig. 260), welche wie Appendicularien aussehen und

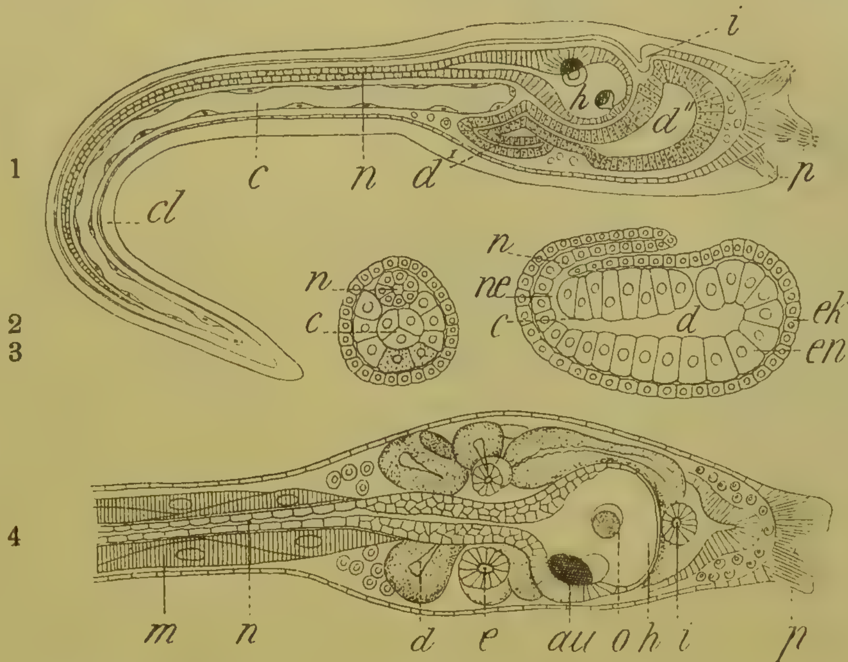


Fig. 260. **Ascidienentwicklung (nach Kupffer und Kowalewski). 1 eben ausgeschlüpfte Larve, 2 Querschnitt durch den Schwanz einer etwas jüngeren Larve, 3 ein erheblich früheres Entwicklungsstadium: Bildung der Chorda und des Nervensystems, 4 vorderes Ende einer Larve kurz vor dem Festsetzen. (1 Phallusia mentula. 2—4 Phallusia mammillata) *c* Chorda, *cl* Cellulosemantel, *n* Neuralrohr, *h* Anschwellung desselben: Hirn mit Auge (*au*) und Gehörorgan (*o*), *ne* Canalis neurentericus, *d* Darm (*d'* nutritorischer, *d''* respiratorischer Theil), *i* Mundeinstülpung (Ingestionsöffnung), *e* Cloakenbläschen (Egestionsöffnung), *m* Muskeln des Schwanzes, *p* Haftpapillen, *ek* Ectoderm, *en* Entoderm.**

dem entsprechend aus Rumpf und Ruderschwanz bestehen; sie haben eine überraschende Aehnlichkeit mit Embryonal- und Larvenstadien niederer Wirbelthiere, vor Allem des Amphioxus. Dorsal von dem auf den Rumpf beschränkten Darm liegt das röhrige Nervensystem, an dem man drei Abschnitte unterscheiden kann: zuvorderst das bläschenförmige Hirn, in dessen Wandungen ein primitives Auge und eine Art Gehörorgan eingebettet sind, weiterhin eine verjüngte Partie (verlängertes Mark), schliesslich ein in den Schwanz eintretendes Rückenmarksrohr. Die Axe des Schwanzes bildet ein festes Stützorgan, die Chorda dorsalis, welche sich eine kurze Strecke weit in den Rumpf zwischen Darm und Nervenrohr einschiebt.

Die besprochenen Wirbelthiercharaktere der Ascidienlarve (Anwesenheit der Chorda dorsalis und ihre Einfügung zwischen Darm und Nervensystem, die röhrige Beschaffenheit des letzteren, seine Zusammensetzung aus Hirn und Rückenmark, seine rein dorsale Lage) gewinnen noch weiter an Bedeutung durch den Nachweis, dass die Chorda dorsalis und das Nervensystem der Ascidien sich embryonal in einer Weise anlegen, wie es nur bei den Wirbelthieren beobachtet wird, die Chorda durch Abschnürung vom Entoderm aus der dorsalen Wand des Urdarms, das Nervensystem dagegen aus dem Ectoderm durch Einfaltung. In beiden Gruppen communicirt vorübergehend das hintere Ende des

Rückenmarksrohrs durch den Canalis neurentericus mit dem Darm. Auf Grund dieser entwicklungsgeschichtlichen Befunde kann man mit Recht den Satz aufstellen, dass unter allen Wirbellosen die Ascidien den Vertebraten am nächsten stehen. Man kann diesen Satz noch weiter damit stützen, dass auch die ausgebildete Ascidie durch die Anwesenheit des Kiemendarms, die ventrale Lage des Herzens, wahrscheinlich auch durch die Anwesenheit des der Thyreoidea vergleichbaren Endostyls den Wirbelthieren trotz abweichender Körpergestalt ähnlich ist.

Bei der Metamorphose der beweglichen Larve in die festsitzende Ascidie spielen 4 Processe eine wichtige Rolle. 1. Die Larve befestigt sich mittelst dreier am vorderen Ende befindlicher Papillen. 2. Der Ruderschwanz wird eingezogen und nach vorhergegangener fettiger Degeneration resorbirt. 3. Die Gestalt wird unförmlich durch Ausscheidung des Cellulosemantels. 4. Vom Rücken her bilden sich 2 Hauteinstülpungen, die Perithoracalbläschen; dieselben umwachsen den Vorderdarm und verschmelzen zu dem einheitlichen Perithoracalraum.

Ausser der geschlechtlichen Fortpflanzung besitzen viele Ascidien noch die Fähigkeit zu ungeschlechtlicher Vermehrung durch Knospung. Wo letztere besteht, führt sie zur Coloniebildung, welche von grosser systematischer Bedeutung ist.

I. Unterordnung. *Monascidien.* Einzelascidien von meist ansehnlicher Grösse, bald mit durchsichtigem Mantel (*Cione intestinalis* L., *Phallusia mammillata* Cuv.), bald mit faserigem, lederartig trübem Mantel (*Cynthia microcosmus* Cuv.). Die Gattung *Clavellina* (*Cl. lepadiformis* Sav.) treibt an der Basis Wurzelausläufer, an denen neue Thiere zu einer locker verbundenen Colonie hervorsprossen; sie leitet dadurch über zu der nächsten Gruppe.

II. Unterordnung. *Synascidien.* Die zusammengesetzten Ascidien bestehen aus sehr kleinen Einzelthieren, welche zu Hunderten in einem gemeinsamen Cellulosemantel eingebettet sind und so ansehnliche Krusten auf Steinen, Pflanzen und Thieren erzeugen. Meist sind die Thiere einer Colonie auf viele kleine Gruppen vertheilt, von denen eine jede ihre gemeinsame Cloake besitzt, um welche herum die Ingestionsöffnungen der 6—12 der Gruppe zugehörigen Thiere eine Rosette bilden. *Botryllus violaceus* Edw. (Fig. 261.)

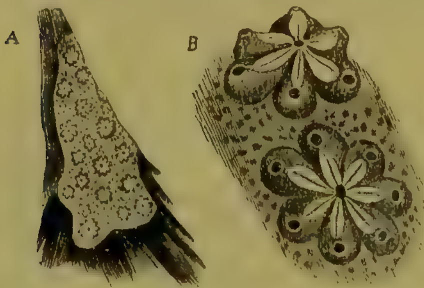


Fig 261. Bothryllus violaceus (nach Carpenter). *A* eine kleine aus 19 Individuengruppen bestehende Colonie, *B* zwei Individuengruppen stärker vergrössert.

III. Unterordnung. *Pyrosomen* sind freischwimmende, pelagische Synascidien. Die walzenförmige Colonie umschliesst einen nach abwärts mündenden Raum, die Centralcloake: die einzelnen Thiere stehen zur Längsaxe derselben senkrecht, und zwar so, dass die Egestionsöffnung in die Centralcloake mündet, während die genau opponirte Ingestionsöffnung nach aussen schaut. Das aussergewöhnlich intensive Leuchtvermögen hat den Namen veranlasst: *P. giganteum* Les. Feuerzapfen.

III. Ordnung. Thaliaceen, Salpaeformes.

Wie die Pyrosomen, so gehören auch die salpenartigen Tunicaten, die echten Salpen und die Doliolen, der pelagischen Thierwelt an; in

derselben spielen sie sogar eine hervorragende Rolle, einige trotz ihrer geringen Körpergrösse durch ihr massenhaftes Auftreten, andere, namentlich die coloniebildenden Formen, durch ihre ansehnlichen Dimensionen. Ihrer Körpergestalt nach kann man eine Salpe mit einer an beiden Enden geöffneten Tonne vergleichen, deren Wandung nach aussen vom Cellulosemantel, nach innen vom Hautmuskelschlauch gebildet wird. (Fig. 262.) Die Muskeln sind sämmtlich circulär und bilden 6—8 nicht immer vollkommen geschlossene Ringe, die wie Reifen den Innenraum umgürten. Ihre Contractionen treiben das die Tonne erfüllende Meerwasser durch die hintere oder Egestionsöffnung aus, worauf durch die vordere Ingestionsöffnung neues Wasser einströmt. Die Thiere schwimmen so durch Rückstoss mit dem vorderen Ende voran.

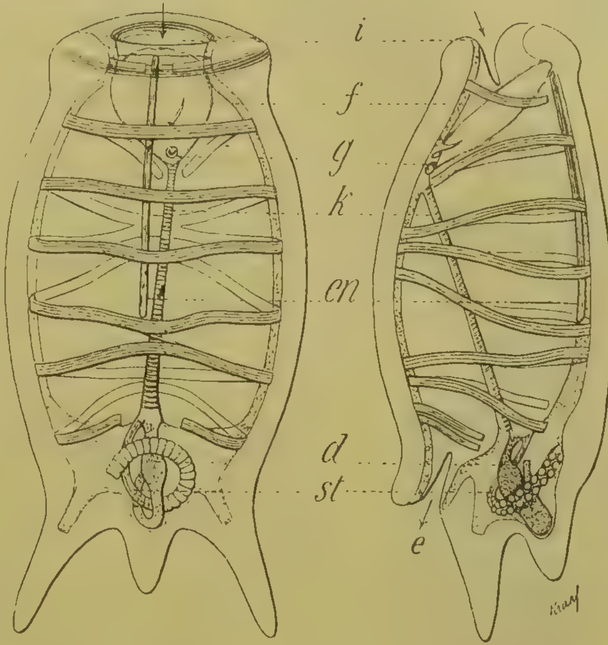


Fig. 262.

Der Hohlraum der Tonne entspricht sowohl dem Kiemendarm wie dem Perithoracalraum der Ascidien; bei den Doliolen sind beide Räume noch durch eine schräg gestellte, von Kiemenspalten durchbrochene Scheidewand getrennt (Fig. 264); bei den gewöhnlichen Salpen ist die Scheidewand zu einem schmalen, stark bewimperten Balken rückgebildet, so dass Kiemenhöhle und Perithoracalraum in einen einheitlichen Raum zusammenfliessen. Als weitere Reste des Kiemendarms der Ascidien erhalten sich ausserdem noch constant der ventrale Endostyl und die den Kiemeneingang umhüllenden Flimmerbögen.

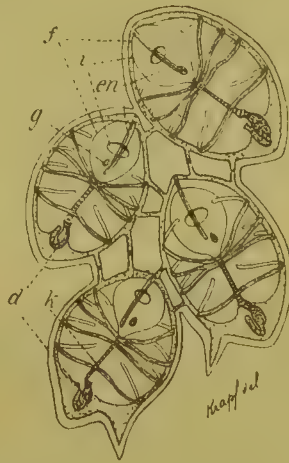


Fig. 263.

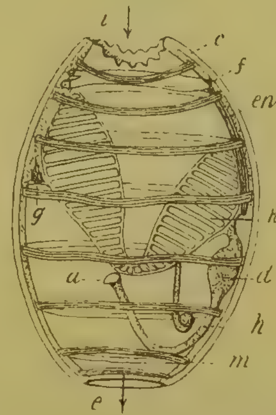


Fig. 264.

Fig. 262. Salpa democratica mit Knospenzapfen (S. mucronata), A in ventraler, B in seitlicher Ansicht.

Fig. 263. Salpa mucronata, Theil einer jungen noch nicht lange abgelösten Kette.

Fig. 264. Doliolum denticulatum.

i Ingestionsöffnung, *f* Flimmerbögen, *g* Ganglion mit hufeisenförmigem Auge und davor gelegenem Tentakel und Hypophysengrube, *k* Kieme, *en* Endostyl, *d* Darm, *st* Stolo prolifer, *e* Egestionsöffnung, *a* After, *h* Hoden, *m* Muskelreifen, *c* Cellulosemantel; die Pfeile deuten die Richtung der Wasserströmung beim Schwimmen an; die Richtung des schwimmenden Thieres ist entgegengesetzt.

Die Eingeweide des Thieres liegen im Hautmuskelschlauch, da, wo Kiemenbalken und Endostyl sich nähern, meist zusammengedrängt zu einem Knäuel, dem „Nucleus“ (Darm, Geschlechtsorgane, Herz). Nur das Ganglion erhält sich gesondert und liegt dem Endostyl gegenüber dorsal kurz vor dem Anfang des Kiemenbalkens: es steht in Zusammenhang mit einem hufeisenförmigen Ocellus.

Schon seit Langem kennt man zweierlei Salpen: die einen leben als Einzelthiere isolirt für sich, bei den andern sind viele Individuen hinter einander zu einer Kette oder neben einander zu einer Rosette vereinigt. Am Anfang dieses Jahrhunderts entdeckte Chamisso, dass die Kettensalpen von den solitären erzeugt werden und dass diese umgekehrt wieder von jenen abstammen, eine eigenthümliche Entwicklungsweise, für welche Steenstrup später den Namen Generationswechsel eingeführt hat. Die solitäre Salpe ist die Amme, sie hat keine Geschlechtsorgane, wohl aber nahe dem hinteren Ende einen Knospenzapfen oder Stolo prolifer, welcher an seinem Ende mehrere Salpencolonien hinter einander erzeugt. Während die erste sich ablöst, reift eine zweite heran und beginnt eine dritte sich aus dem Knospenzapfen heraus zu differenziren. Die colonialen Salpen werden geschlechtsreif; jedes Thier einer Colonie producirt nur ein Ei, welches sich wieder zur solitären Salpe entwickelt.

Da nun sowohl die Kettensalpen wie die aus ihnen hervorgehenden Einzelsalpen schon besondere Namen erhalten hatten, ist man in der Neuzeit gezwungen worden, Doppelnamen anzuwenden. So bedeutet der Ausdruck *S. democratica-mucronata* Forsk., dass die S. democratica die Amme, die S. mucronata das geschlechtliche Kettenthier ist; in derselben Weise sind die Namen *S. Africana-maxima* Forsk., *S. runcinata-fusiformis* Cuv. gebildet. Von den eigentlichen Salpen unterscheiden sich die Tönnchen oder *Doliolen* durch die besser ausgebildete Kieme und einen noch mehr complicirten Generationswechsel. *Doliolum denticulatum* Quoy u. Gaim. (Fig. 264.)

VIII. Classe.

Bryozoen, Moosthierchen.

In ihrer äusseren Erscheinung haben die Bryozoen oder Moosthierchen eine überraschende Aehnlichkeit mit Hydroidpolypen, so dass ein ungeübter Beobachter sie schwierig von ihnen unterscheidet: wie diese bilden sie auf dem Wege der Knospung Colonien, welche mit gallertigen Ueberzügen oder harten, kalkigen Krusten Felsen, Wasserpflanzen, Thiere, Pfähle etc. überziehen oder von ihnen sich als kleine Büsche oder Bäumchen erheben. Ferner besitzen sie eine mit dichten Flimmern bedeckte Tentakelkrone, welche weit ausgebreitet oder blitzschnell zurückgezogen werden kann. Gleichwohl ist der Unterschied im Bau ein ganz erheblicher. Man achte zunächst darauf, dass die Bryozoen einen mit eigenen Wandungen versehenen, aus 3 Abschnitten bestehenden Darm besitzen, welcher derart hufeisenförmig gebogen ist, dass der After ganz in die Nähe des Mundes zu liegen kommt. Zwischen Mund und After liegt das Centralnervensystem in Form eines Ganglion und münden zwei Nierencanäle in einem gemeinsamen Porus.

Ueber das Gesagte kann man bei einer allgemeinen Charakteristik nicht gehen, da es zwei Gruppen der Bryozoen giebt, die *Entoprocten* und die *Ectoprocten*, die sich in so auffälliger Weise von einander

unterscheiden, dass man zweifeln kann, ob sie überhaupt zusammengehören; die Entoprocten haben keine Leibeshöhle und ähneln somit den kleinen Scoleciden, den Rotatorien, während die Ectoprocten sich den Coelhelminthen anschliessen und durch Vermittelung der Gattung *Phoronis* mit den unbewaffneten Gephyreen (Prosopygiern) Fühlung gewinnen.

I. Ordnung. Entoprocten.

Die Einzelthiere der Entoprocten haben die Gestalt eines Weinglases (Fig. 265) und sitzen auf Stielen, welche sich meist aus verästelten, am Boden hinkriechenden Stolonen erheben. Die den Kelchrand einnehmende Tentakelkrone umschliesst das Peristomfeld, auf welchem sowohl Mund wie After und zwischen beiden die Excretions- und die Geschlechtsorgane münden. Die Excretionscanäle enden centralwärts mit blinden Enden, da der Zwischenraum zwischen dem hufeisenförmigen Darm und der Körperoberfläche vollkommen von einem Muskelzellen enthaltenden Parenchym ausgefüllt ist. *Pedicellina echinata Sars.*, *Loxosoma singulare Kef.*



Fig 265. Loxosoma singulare (nach Nitsche). Einzelthier auf dem optischen Längsschnitt *T* Tentakelkranz, *Ga* Ganglion, *R* Enddarm, *J* Darm, *V* Magen.

II. Ordnung. Ectoprocten.

Bei den Ectoprocten ist eine geräumige, von Flimmerepithel ausgekleidete Leibeshöhle zwischen Darm und Haut vorhanden, wodurch beide Theile auseinander gedrängt und bis zu einem gewissen Grad unabhängig von einander werden. (Fig. 266.) So ist man zu einer eigenthümlichen Auffassung der Organisation gelangt, welche, morphologisch zwar gänzlich unhaltbar, für die Schilderung manche Vortheile bietet: es sei nämlich jedes Bryozoenindividuum aus zwei in einander gesteckten Individuen zusammengesetzt, einem *Cystid* und einem *Polypid*. Als Polypid wird dann Darm mit Tentakelkrone, als Cystid das Uebrige, vor Allem der Hautmuskelschlauch gedeutet.

Das Cystid hat die Gestalt eines Bechers oder einer oblongen oder ovalen Schachtel; man unterscheidet an ihm eine Endocyste und eine Ectocyste. Erstere ist die beiderseits von Epithel bekleidete Muskelschicht, letztere ein vom Epithel der Körperoberfläche ausgeschiedenes Cuticularskelet. Nicht die ganze Oberfläche der Endocyste ist von der Cuticula bedeckt, sondern nur die Basis und die Seitenwandungen; das periphere Ende bleibt zum Theil weichhäutig und erzeugt eine Art Kragen, in den die Tentakelkrone zurückgezogen werden kann. Die Tentakelkrone umgiebt nur die Mundöffnung, während der After ausserhalb in der Nähe des Kragens liegt. Zwischen beiden Oeffnungen beschreibt der Darm, die Grundlage des Polypid, einen weit nach abwärts reichenden Bogen, dessen hinteres Ende durch einen Strang, den Funiculus, mit dem Grund des Cystids verbunden ist. Zwischen Mund und After liegt ferner das Ganglion und die Niere, letztere aus 2 flimmernden Canälen gebildet, welche in der Leibeshöhle getrennt beginnen, aber gemeinsam

nach aussen münden. Die Geschlechtsorgane entstehen aus dem Epithel der Leibeshöhle, die Hoden am Funiculus, die Ovarien meist an den Wandungen des Cystids.

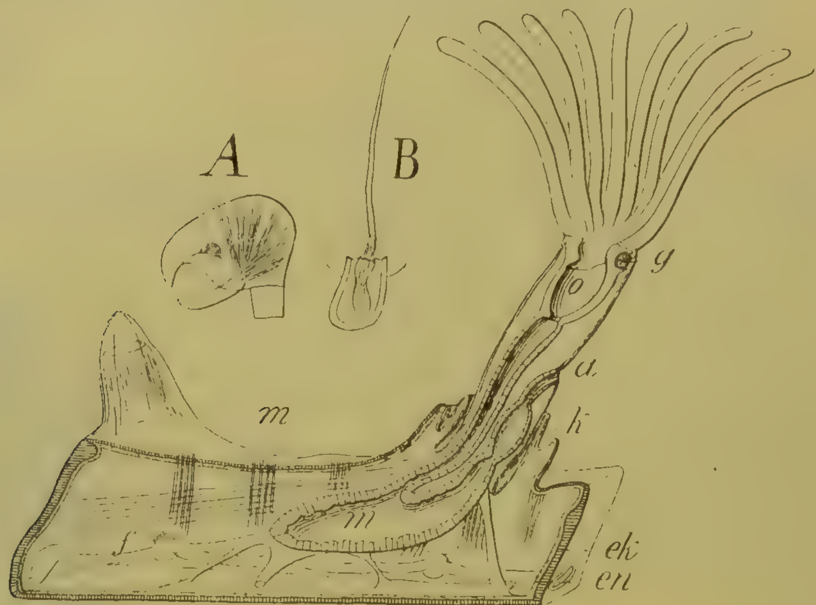


Fig. 266. Flustra membranacea (nach Nitsche), ein einzelnes Thier. *en* Endocyste, *ek* Ectocyste, *k* Kragen, welcher die völlige Einstülpung des Thieres gestattet, *f* Funiculus, *a* After, *m* Magen, *o* Oesophagus, *g* Ganglion, *m* Hautmuskelschlauch. *A* Avicularien, *B* Vibracularien von Bugula (nach Claparède).

Hunderte oder Tausende von microscopisch kleinen Einzelthieren bilden Colonien (Fig. 267) von mannichfaltigstem Aussehen, in denen sich Cystid unmittelbar an Cystid anreiht. Die Colonien wachsen durch Knospung; von einem Cystid schnürt sich ein Theil ab als Tochter-Cystid, in welchem durch Neubildung der Darm mit Tentakelkrone, das Polypid, entsteht.



Fig. 267. Ein Stöckchen von Lophopus crystallinus Pall. mit jüngeren und älteren, theils ausgestreckten, theils halb oder ganz zurückgezogenen Thieren; die dunklen Körper im Innern sind Statoblasten (nach Kraepelin).

Sehr häufig findet sich bei den Bryozoen Arbeitstheilung oder Polymorphismus vor. Ausser den bisher beschriebenen vorwiegend zur Ernährung dienenden Thieren können noch dreierlei Individuen vorkommen, die Ovicellen, Vibracularien und Avicularien; alle 3 sind Cystide, welche das Polypid verloren haben. Die Ovicellen sind rundliche Kapseln, welche zur Aufnahme der befruchteten Eier dienen, die Vibracularien (*B*) lange tastende Fäden, die Avicularien (*A*) sind Greifapparate, welche Nahrungskörper festhalten, damit sie zerfallen und in den Bereich der

Tentakelkrone der Fressthiere gerathen. Das Avicularcystid hat die Gestalt eines Vogelkopfes, indem es mit einem Ende in einen schnabelartigen Fortsatz ausgezogen ist, dem ein beweglicher Fortsatz am anderen Ende wie ein Unterkiefer entgegenwirkt.

Unter ungünstigen Bedingungen kann in einem Cystid das Polypid zu Grunde gehen und lange Zeit fehlen, bis günstigere Verhältnisse eine Neubildung gestatten. Ausserdem kommt es vor, dass in den verödeten Cystiden eigenthümliche, vielzellige Ruhezustände, die *Statoblasten*, angetroffen werden, innere Knospen von linsenförmiger Gestalt, welche von einer festen Hülle umgeben werden. Der Rand des Körpers ist von einem Gürtel geschlossener Kämmerchen umgeben, welche sich beim Eintrocknen mit Luft füllen und den Statoblasten schwimmen machen, wenn er auf's Neue in das Wasser geräth. Aus dem Statoblasten tritt dann ein kleines Bryozoenindividuum hervor, welches eine neue Colonie liefert.

1. Unterordnung. *Stelmatopoden*, Kreiswirbler, sind Bryozoen, bei denen die Tentakeln einen Ring um die Mundöffnung bilden. Zu den ausschliesslich marinen Thieren gehören als die bekanntesten Arten die Flustren und die Bugulen, *Flustra membranacea* L. (Fig. 266), *Bugula avicularia* L.

2. Unterordnung. *Lophopoden*, tragen die Tentakeln auf dem Lophophor. Derselbe besteht aus zwei links und rechts von der Mundöffnung gelegenen hufeisenförmigen Fortsätzen, an deren Rand die Tentakeln stehen. Die Lophopoden sind vorwiegend Süsswasserbewohner. *Alcyonella fungosa* Pall. *Plumatella reptans* L. *Lophopus crystallinus* Pall. (Fig. 267).

IX. Classe.

Brachiopoden.

Die Brachiopoden wurden wegen ihrer zweiklappigen Schale lange Zeit für Muscheln gehalten; sie wurden später von den Muscheln getrennt, zunächst aber bei den Mollusken als eine besondere Classe belassen, weil man auf die ganz abweichende Lage der Schalen aufmerksam wurde: dass nämlich die Schalen nicht links und rechts zur Symmetrieebene des Körpers liegen, sondern die dorsale und ventrale Seite des Thieres bedecken. Zu einer Loslösung von den Mollusken entschloss man sich erst in der neuesten Zeit, als man erkannte, dass die Thiere im Bau des Nervensystems, der Excretions- und Geschlechtsorgane, in der Beschaffenheit der Leibeshöhle und in der Entwicklungsweise den Coelhelminthen viel näher stehen als den Mollusken.

Der Körper eines Brachiopoden hat eine stark verkürzte Längsaxe (Fig. 268) und ist in Folge dessen ein querovaler Eingeweidesack; von seinem hinteren Ende entspringt fast stets ein musculöser Stiel, mit Hilfe dessen die Thiere festgewachsen sind: ferner gehen von ihm zwei ansehnliche an ihrem freien Rand mit Borsten besetzte Falten aus, die Mantellappen, von welchen der eine wie eine Kapuze über den Rücken gezogen ist, der andere sich in ähnlicher Weise über die Bauchseite schlägt. Jeder Mantellappen scheidet mittelst des Epithels seiner äusseren Oberfläche eine Schale aus, welche der Hauptmasse nach aus kohlensaurem Kalk besteht. Selten haben dorsale und ventrale Schale gleiche Gestalt; gewöhnlich ist die ventrale stärker kahnartig gewölbt und

zum Durchtritt des Stieles an ihrem hinteren Ende von einer Oeffnung durchbohrt. Die dorsale, flachere Schale ihrerseits besitzt eine charakteristische Einrichtung in dem Armskelet, das freilich nicht immer vorhanden ist und, wenn es vorhanden ist, in seiner Ausbildung sehr variirt. (Fig. 269, 270.) Seine Grundlage besteht aus zwei Kalkstäben, welche symmetrisch zur Medianebene von der dorsalen Schale aus senkrecht in den Schalenraum abwärts steigen und sich durch einen gebogenen Querbügel verbinden; von ihnen kann dann noch weiter jederseits ein spiral gewundener Fortsatz entspringen. Das beschriebene Skelet ist ein Trageapperat für die spiralen Mundarme.



Fig. 268. Anatomie von Rhynchonella psittacea, beide Schalen, die Körperwand und die Leber der linken Seite sind entfernt. a^1 linker, a^2 rechter Arm, α^1 die Eingänge in den Hohlraum der Arme; *o* Oesophagus, *g* Magen mit Leber *l*, *d* Darm, *e* blindes Ende desselben; *m* Muskeln zum Oeffnen und Schliessen der Schale, $p^1 p^2$ dorsaler und ventraler Mantellappen, *st* Stiel, *1* und *2* erstes und zweites Dissepiment an dem zweiten Dissepiment Mündung eines Segmentalorgans (nach Hancock).

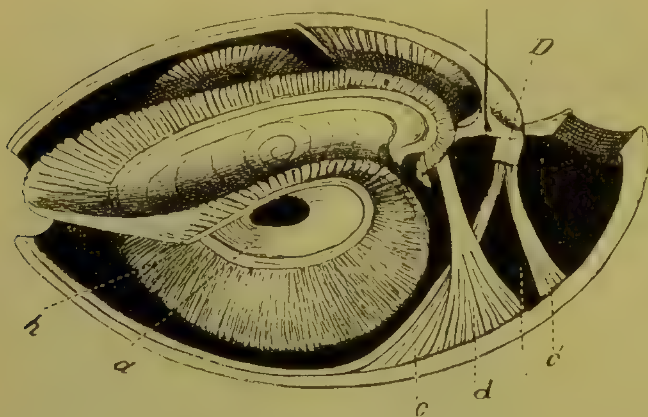


Fig. 269. Waldheimia flavescens (aus Zittel). Schale mit Armen und Muskeln. *a* Arm mit seinem gefransten Saum (*h*), *d* Schliessmuskeln, *c* u. *c'* Muskeln zum Oeffnen der Schale, *D* Schlossfortsatz. Die senkrechte Linie bezeichnet die Lage des Schlosses.

Beide Schalen umhüllen im geschlossenen Zustand den Weichkörper vollkommen; wenn sie sich öffnen, weichen sie mit den vorderen Rändern auseinander, während die hinteren Ränder verbunden bleiben. Die Bewegung vollzieht sich um einen festen Punkt, das Schloss, welches ein wenig einwärts vom hinteren Rande liegt; zur Bildung desselben trägt die ventrale Schale mit zahnartigen Vorsprüngen bei, welche in besondere Vertiefungen der dorsalen Schale passen. Oeffnen und Schliessen ist (im Gegensatz zu den Lamellibranchiern) beides ein activer Vorgang: von der ventralen Schale entspringen Muskeln, welche sich an der dorsalen Schale entweder nach hinten vom Schloss an dem Schlossfortsatz befestigen und dann zum Oeffnen dienen (Divaricatoren) oder nach vorn davon ihren Angriffspunkt finden und den Schalenschluss herbeiführen (Adductoren). Sie hinterlassen auf beiden Schalen Muskelabdrücke, welche namentlich für die Paläontologie wichtig sind.

Den Hauptheil des Schalenraums füllen die beiden spiral gewundenen Arme, welche links und rechts von der Mundöffnung

liegen und Ursache zur Namengebung, „*Brachiopoden*“ oder „*Spirobranchier*“, gewesen sind. Sie besitzen auf ihrer von der Spiralaxe nach aussen gewandten Seite eine Längsfurche, die bis an die Spitze des Arms reicht und von einer Reihe kleiner Tentakelchen eingefasst ist. Der Armapparat erinnert ausserordentlich an den Lophophor der lophopoden Bryozoen (Fig. 267); man kann ihn aus demselben ableiten, wenn man sich vorstellt, dass jeder der beiden Lappen des Lophophors stark gewachsen sei und dabei sich spiral eingekrümmt habe. Thatsächlich gleicht auch vorübergehend der Armapparat eines jungen Brachiopoden dem Lophophor der Bryozoen.

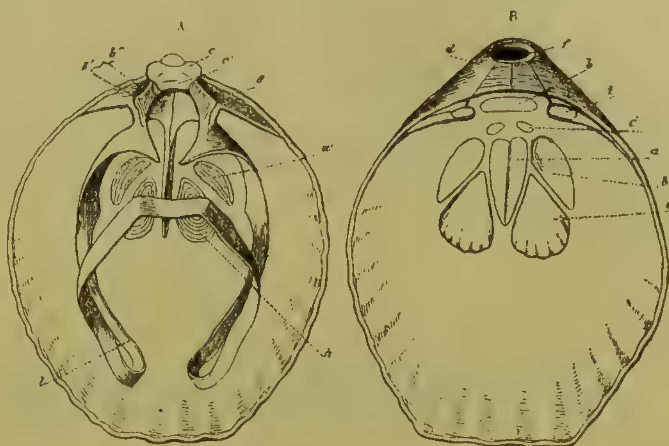


Fig. 270. Waldheimia flavescens, *A* die dorsale, *B* die ventrale Schale (aus Zittel). *a, b, c* Abdrücke der Muskelinsertionen, *a* der Schliessmuskeln (Adductoren), *c′*, *c* der Muskeln zum Oeffnen (Divaricatoren), *s* Schlossgruben der dorsalen Schale, in welche die Schlosszähne *t* der ventralen Schale passen, *l* Stützapparat der Arme, *f* Oeffnung für den Stiel.

Im Rumpf der Brachiopoden findet sich eine Leibeshöhle, welche sich bis in die beiden Mantelfalten hinein erstreckt. Sie umschliesst Darm, Leber und Geschlechtsorgane und zerfällt durch ein dorsales und ventrales, an den Darm tretendes Mesenterium in eine linke und rechte Hälfte; jede Hälfte wiederum ist durch zwei quere Scheidewände in eine vordere, mittlere und hintere Kammer abgetheilt, ähnlich wie wir es für die Sagitten kennen gelernt haben. Wenn die Anordnung der Scheidewände nicht so klar und übersichtlich ist wie bei diesem Wurm, so hängt das damit zusammen, dass der Darm, anstatt gerade gestreckt zu verlaufen, entsprechend der Verkürzung der Längsaxe so sehr eingebogen ist, dass Mund- und Afteröffnung nahe bei einander zu liegen kommen. An dem U förmig gebogenen Canal kann man einen Oesophagus, einen die Gallengänge aufnehmenden Magen und einen Enddarm unterscheiden; letzterer endet bei einem Theil der Brachiopoden blindgeschlossen.

Leber und Geschlechtsorgane liegen hauptsächlich in den Mantellappen. Die Geschlechtsproducte werden durch die Segmentalorgane entleert, welche mit weiter Mündung in einer Leibeskammer beginnen, das Dissepiment durchbohren und in der nächstfolgenden Kammer nach aussen münden. Da gewöhnlich zwei Dissepimente vorhanden sind, können auch zwei Paar Segmentalorgane vorkommen; indessen ist meist eines der beiden Paare rückgebildet. Als Nervensystem functionirt ein Schlundring, in welchem eine schwache dorsale Anschwellung das obere Schlundganglienpaar, eine stärkere das Bauchmark vertritt. Im Blutgefässsystem verdient ein dorsal vom Magen gelegenes Herz Beachtung.

In der Entwicklungsgeschichte erinnern die Brachiopoden einerseits an Sagitta, andererseits an die Anneliden. Mit Sagitta haben sie gemeinsam, dass die Leibeshöhle durch Ausstülpung vom Darm aus entsteht und durch quere Scheidewände in 3 Höhlen zerlegt wird; annelidenähnlich ist

die Gestalt der Larve und das Vorkommen von Borsten, welche in besonderen Follikeln gebildet werden. — In früheren Erdperioden war die Thierclasse sehr reich an Individuen und Arten entwickelt, so dass ihre Schalen zu den wichtigsten Leitfossilien gehören. Jetzt lebt nur ein spärlicher Rest, meist in grossen Meerestiefen. Die wenigen Gattungen und Arten vertheilen sich auf zwei Ordnungen. Die *Ecardines* haben gleichförmige Schalen ohne Schloss, welche zwischen ihren dorsalen Enden den Stielmuskel durchtreten lassen. *Lingula anatina* Lam. Die *Testicardines* haben ein Schloss und ungleich entwickelte Schalen, von denen die ventrale allein die Oeffnung für den Durchtritt des Stiels bildet. Der After ist rückgebildet. *Waldheimia flavescens* Lam. (Fig. 269). *Terebratula vitrea* Lam.

Zusammenfassung der Resultate über Würmer.

1. Die **Würmer** sind bilaterale Thiere mit einem Hautmuskelschlauch und einem aus Ganglienknötchen bestehenden Nervensystem.

2. Die Fortpflanzung ist vorwiegend geschlechtlich, doch kommt auch Paedogenesis und Knospung und demgemäss Heterogonie und Generationswechsel vor.

3. Je nach Anwesenheit oder Mangel einer Leibeshöhle unterscheidet man parenchymatöse Würmer, **Scoleciden**, und Leibeshöhlenwürmer, **Coelhelminthen**.

4. Die typischen Vertreter der **Scoleciden** sind die **Plattwürmer**, Thiere von dorsoventral abgeplatteter Gestalt, deren Nervensystem nur aus den oberen Schlundganglien und den Seitensträngen, deren Excretionssystem aus den verästelten Wassergefässen besteht.

5. Die ursprünglichsten Plattwürmer sind die *Turbellarien*, aus denen sich einerseits die *Trematoden* und *Cestoden*, andererseits die *Nemertinen* ableiten lassen.

6. Die *Turbellarien* sind durch ihr flimmerndes Körperepithel (Strudelkleid) charakterisirt; sie haben keinen After und keine Blutgefässe; ihr Darm besteht aus dem ectodermalen Schlundkopf und dem entodermalen Magen, welcher bei *Rhabdocoelen* ein stabförmiger Blindsack, bei *Dendrocoelen* reich verästelt ist.

7. Bei den parasitischen *Trematoden* ist das Flimmerkleid verloren gegangen oder auf das Larvenleben beschränkt, dafür finden sich Haftapparate zum Festhalten am Wirth, Haken und Saugnäpfe, bei den ectoparasitischen *Polystomeen* zahlreiche Saugnäpfe, bei den entoparasitischen *Distomeen* 1—2.

8. Bei den *Distomeen* kommt es zum Wirthswechsel und zur Heterogonie. Aus den Eiern eines Distomum entsteht eine stets in Mollusken (1. Wohnthier) schmarotzende Redia oder ein Sporocystis; aus deren parthenogenetisch sich entwickelnden Eiern wird eine Cercarie, welche sich zum eingekapselten Distomum (im 2. Wohnthier) und endlich zum geschlechtsreifen Distomum (im 3. Wohnthier) umwandelt.

9. Die bekanntesten Distomeen sind *D. hepaticum D* und *lanceo-*

latum (selten im Menschen, häufig im Schaf), *Distomum haematobium* in der Pfortader des Menschen, aber nur in wärmeren Klimaten.

10. Von den Trematoden sind die *Cestoden* unterschieden vor Allem durch den Verlust des Darms, wozu meistens noch kommt die Sonderung des Körpers in Scolex und Proglottiden.

11. Der **Scolex** ist das Haftorgan der Bandwürmer und als solches mit Saugnäpfen und öfters auch mit Haken versehen; er hat ferner die Aufgabe, die Proglottiden durch terminale Knospung zu erzeugen.

12. Die **Proglottiden** enthalten den hermaphroditen Geschlechtsapparat.

13. Die in den Eiern sich bildenden 6hakigen Embryonen müssen in einen Zwischenwirth gelangen, indem sie entweder passiv durch die Nahrung in dessen Darm verschleppt werden oder indem sie als Flimmerlarven im Wasser schwimmend denselben activ aufsuchen.

14. Im Zwischenwirth kapseln sie sich im Bindegewebe von Muskeln oder anderen Organen ein und verwandeln sich direct in den Scolex (Plerocercoid) oder in eine Blase (**Finne, Cysticercus**), die in ihrem Innern 1 bis viele Scolices erzeugt.

15. Der Scolex wird aus der Cyste befreit und erhält dadurch die Fähigkeit einen Bandwurm zu bilden, wenn er durch Verfütterung in den Darm eines geeigneten Wohnthiers gelangt.

16. Im Menschen kommen besonders häufig vor: als Finnen die *Taenia echinococcus* (Bandwurm im Hund) und *Taenia solium*, als geschlechtsreife Thiere *T. saginata* (Finne im Rind), *T. solium* (Finne im Schwein), *T. nana, Bothriocephalus latus* (Plerocercoid im Hecht, Barsch, Quappe, einigen Salmoniden).

17. Die *Nemertinen* unterscheiden sich von den Turbellarien durch die Anwesenheit eines Afterdarms, eines besonderen neben dem Darm existirenden Rüssels und der Blutgefässe.

18. Von den Plattwürmern entfernen sich wesentlich in ihrer Gestalt die **Rotatorien**; sie gleichen ihnen in der Beschaffenheit des Wassergefässsystems; durch ihre Radscheibe erinnern sie an die bei Würmern weit verbreitete Trochophoralarve.

19. Die Merkmale der **Coelhelminthen,** sowohl die anatomischen wie die entwicklungsgeschichtlichen, sind am schönsten bei den **Chaetognathen** ausgeprägt; dieselben sind hermaphrodite Würmer mit 3 getheilter Leibeshöhle, mit Flossen und zum Kauen dienenden Borsten.

20. Die **Nematoden** sind meist getrenntgeschlechtliche, meist parasitische, fadenförmige Würmer mit drehrundem, ungegliedertem Körper, mit Nervenring (keinen Ganglien), paarigen Excretionsgefässen, deutlichen Seitenlinien, röhrigem Geschlechtsapparat.

21. Die wichtigsten Arten sind die im Dünndarm, resp. Dickdarm des Menschen lebenden *Ascaris lumbricoides* und *Oxyuris vermicularis*, der aus dem Darm Blut saugende *Dochmius duodenalis*, der im Coecum unschädlich angesiedelte *Trichocephalus dispar*, die berüchtigte *Trichina spiralis*; heissen Klimaten gehören an: *Rhabdonema strongyloides, Filaria sanguinis hominis* und *Dracunculus medinensis*.

22. Wichtige Pflanzenparasiten sind *Heterodera Schachti* und *Tylenchus tritici*, welche die als Rüben- resp. Weizenmüdigkeit bekannten Erscheinungen veranlassen.

23. Von den Nematoden unterscheiden sich die ebenfalls parasitischen, ascarisartigen **Acanthocephalen** (Echinorhynchen) durch den Mangel des Darms, durch die Anwesenheit eines bestachelten Rüssels und eines sehr complicirten Geschlechtsapparates.

24. Die **chaetopoden Anneliden** haben mit den Nematoden die drehrunde Gestalt gemeinsam; sie unterscheiden sich von ihnen durch die Gliederung: durch die Ringelung des Körpers, durch die segmentale Wiederholung der Dissepimente, Segmentalorgane und Blutgefässanastomosen, durch das Strickleiternervensystem.

25. Das wichtigste Merkmal der **Chaetopoden** sind die in besonderen Follikeln entstehenden Borstenbüschel (4 in einem Segment); die Borsten sind spärlich bei den hermaphroditen *Oligochaeten*, zahlreich und von besonderen Parapodien getragen bei den gonochoristischen *Polychaeten*.

26. Den chaetopoden Anneliden sind nahe verwandt die **Gephyreen**: dieselben sind ovale Schläuche mit Tentakelkrone oder spatelförmigem Kopflappen; sie haben die Gliederung und die Borstenbewaffnung mehr oder minder vollständig eingebüsst. Andeutungen der Gliederung treten während der Entwicklungsgeschichte auf und sind auch anatomisch in der Anwesenheit eines Bauchmarks und von Segmentalorganen nachweisbar.

27. Zu den Anneliden gehören endlich noch die **Hirudineen**, hermaphrodite Würmer, welche anstatt der Borsten mit Saugnäpfen ausgerüstet sind. Ihre abgeplattete Gestalt, parenchymatöse Beschaffenheit, der Mangel der Leibeshöhle verleihen den Thieren Aehnlichkeit mit den Plattwürmern.

28. Die Hirudineen haben zum Verwunden entweder einen Rüssel (*Rhynchobdelleae*) oder 3 längsgestellte gezähnte Kiefer (*Gnathobdelleae*); zu den Kieferegeln gehört der medicinische Blutegel, *Hirudo medicinalis.*

29. Die **Enteropneusten** (*Balanoglossus*) sind äusserlich gekennzeichnet durch die Anwesenheit des in einem Kragen steckenden Rüssels, anatomisch durch die Umbildung des Vorderdarms zur Kieme.

30. Die **Tunicaten** besitzen zwar noch den Hautmuskelschlauch der Würmer, unterscheiden sich aber im übrigen Bau erheblich von ihnen. Ihr wichtigstes Merkmal ist die aus Cellulose bestehende Tunica; weiter ist constant, dass der Vorderdarm zum Kiemensack geworden ist, dass derselbe den Endostyl enthält, dass sich ein ventrales Herz mit wechselnder Contractionsrichtung vorfindet.

31. Die Tunicaten sind durch 2 weitere Merkmale besonders interessant: 1. Die *Salpen* haben einen typischen Generationswechsel zwischen den ungeschlechtlichen solitären und den geschlechtlichen Ketten-Salpen. 2. Die **Tunicaten** sind **Nächstverwandte der Wirbelthiere**, indem die *Ascidien* als Larven die Chorda dorsalis besitzen, welche bei den *Appendicularien* dauernd vorhanden ist. In der Entwicklungsgeschichte bildet sich das Nervensystem wie bei den Wirbelthieren als ein Rohr, das durch den Canalis neurentericus mit dem Darm zusammenhängt, rein dorsal liegt und aus Hirn und Rückenmark besteht.

32. Die **Bryozoen** sind ähnlich den Hydrozoen stockbildende Thiere mit einer Tentakelkrone; sie unterscheiden sich von ihnen durch das ganglöse Nervensystem und den hufeisenförmigen Darm, zum Theil auch durch die Anwesenheit einer Leibeshöhle.

33. Nach der Lage des Afters innerhalb oder ausserhalb der Tentakelkrone unterscheidet man *Entoprocten* und *Ectoprocten*.

34. Die **Brachiopoden** haben eine zweiklappige Schale, welche Analogien zu den Schalen der Muscheln bietet, nur dass an Stelle linker und rechter Schalenklappen dorsale und ventrale vorhanden sind.

35. Die geräumige Leibeshöhle wird durch 2 Scheidewände in 3 Kammern zerlegt, von denen stets eine, seltener zwei mit Segmentalorganen versehen sind.

36. Die Brachiopoden sitzen mittelst eines Stieles fest; nach dem Vorhandensein oder dem Mangel eines Schalenschlosses zerfallen sie in die afterlosen Testicardines und die mit After versehenen Ecardines.

IV. Stamm.

Echinodermen, Stachelhäuter.

Durch ihre radialsymmetrische Gestalt entfernen sich die Echinodermen von den meisten übrigen Thierstämmen und nähern sich dafür den Coelenteraten; sie wurden daher auch mit letzteren seit Cuvier's epochemachender Typentheorie unter dem Namen *„Radiaten"* vereint, bis Leuckart eine Trennung auf Grund ihres abweichenden Baues, namentlich wegen der Anwesenheit einer Leibeshöhle herbeiführte. In der That hat auch die radiale Symmetrie in beiden Stämmen einen ganz verschiedenen Werth. Während bei den Coelenteraten die Zahl 4 oder (wahrscheinlich von 4 abgeleitet) die Zahl 6 zu Grunde liegt, sind die Echinodermen mit wenigen Ausnahmen fünfstrahlig. Während ferner die radiale Symmetrie bei den Coelenteraten als ein ursprünglicher, niederer Zustand der Körperform angesehen werden muss, ist sie bei den Echinodermen, wie namentlich ihre Entwicklungsgeschichte lehrt, aus der bilateralen Symmetrie abzuleiten; mit anderen Worten, die Echinodermen sind aus bilateral-symmetrischen, wahrscheinlich wurmartigen Stammformen durch Rückkehr zu einer niederen Grundform hervorgegangen. Radiale Symmetrie.

Den Thieren verleiht die Beschaffenheit ihrer Haut ein charakteristisches Aeussere. Unter dem Epithel im mesodermalen Bindegewebe bilden sich Kalkplatten, welche wie Knochenplatten den Körper panzern und, da sie meist in Spitzen und Stacheln sich erheben, den Namen „Echinodermen", „Stachelhäuter" veranlasst haben. Das mesodermale Hautskelet kann zwar einer Rückbildung unterliegen, wie Hautskelet.

bei den Holothurien, schwindet aber auch dann nicht vollständig, sondern erhält sich in Resten, den Kalkankern und Kalkrädchen. Eigenthümliche Anhänge der Haut, welche jedoch nicht überall vorkommen, sind die Sphaeridien und Pedicellarien. (Fig. 295.) Letztere sind Greifapparate, die in ihrem Bau an Zangen erinnern und gewöhnlich von besonderen Stielen getragen werden; sie sind im Leben äusserst beweglich und scheinen zur Reinigung der Haut zu dienen; im Innern haben sie ebenfalls ein Kalkskelet.

Ambulacralgefässe.

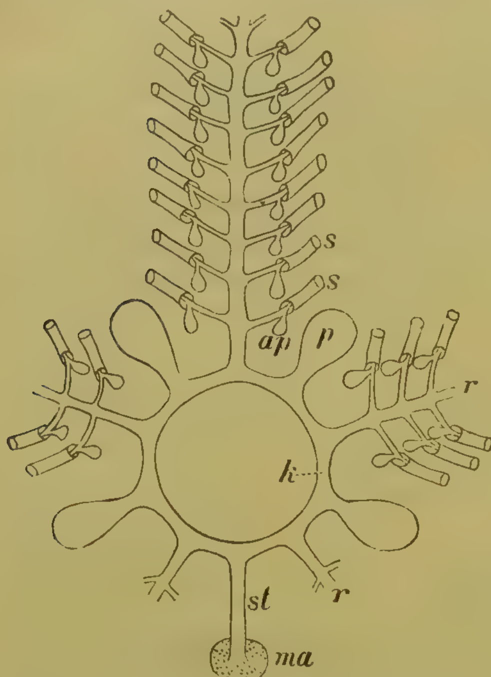


Fig. 271. Schema des Ambulacralgefässsystems eines Seesterns (aus Boas). *ma* Madreporenplatte, *st* Steincanal, *k* Ringcanal, *p* Poli'sche Blasen, *r* Ambulacralgefässe, *s* Flüsschen, *ap* Ambulacralampullen.


Fig. 271 a. Querschnitt durch den Steincanal von Astropecten aurantiacus.

Nicht minder charakteristisch als das Skelet ist das zur Fortbewegung dienende Ambulacralgefässsystem, auch Wassergefässsystem genannt. (Fig. 271.) Dasselbe beginnt zumeist auf der Oberfläche der Haut mit der Madreporenplatte, einer Kalkplatte, welche von feinen Oeffnungen siebartig durchbrochen wird und zur Aufnahme von Seewasser dient. Das Wasser gelangt in einen Canal, welcher wegen der oft vorhandenen starken Verkalkung seiner Wandungen der Steincanal heisst (Fig. 271 a) und abwärts zu einem den Mund umgebenden Ringcanal leitet. Von diesem strahlen 5 Ambulacralgefässe aus, um links und rechts Seitenäste abzugeben, welche über die Körperoberfläche hervortreten und die Ambulacralfüsschen darstellen, die höchst merkwürdigen Fortbewegungsorgane der Echinodermen. Jedes Füsschen ist ein Schlauch mit musculösen Wandungen, welcher durch Einpumpen von Wasser prall gefüllt und in die Länge gedehnt, andererseits durch Contraction seiner Muskeln verkürzt werden kann; meist trägt es am Ende zum Festhalten eine Saugscheibe. Will ein Echinoderm in einer bestimmten Richtung sich bewegen, so schickt es in derselben seine Füsschen aus, verankert sich mit den Saugscheiben und zieht dann den Körper durch Verkürzung der Füsschen nach. Bei diesen Vorgängen spielen gewisse sackartige, als Reservoirs functionirende Ausstülpungen eine Rolle; am Ringcanal sitzen gewöhnlich mehrere Poli'sche Blasen, an der Basis jedes Füsschens ein Ambulacralbläschen oder eine Ampulle. Durch ihre Contraction pumpen die Poli'schen Blasen die Radialcanäle, die Ampullen die Füsschen mit Wasser voll; umgekehrt füllen sie sich, wenn das Wasser bei der Verkürzung der Füsschen zurückströmt.

Ambulacrale Organe.

Die Anordnung des Ambulacralgefässsystems bestimmt die Anordnung der übrigen Organe. Neben dem Steincanal kann ein Strang von Gefässen, den man mit sehr zweifelhaftem Recht Herz nennt, verlaufen:

er geht in einen nach aussen vom Ringcanal liegenden Blutgefässring über, von dem dann weiter 5 die Ambulacralgefässe begleitende Blutgefässe ihren Ursprung nehmen. Auch das Nervensystem beginnt mit einem perioralen, häufig noch im Ectoderm lagernden Nervenring und setzt sich in 5 Ambulacralnerven fort.

Interambulacrale Organe.

Die vom Centrum gemeinsam ausstrahlenden Ambulacralgefässe, Blutgefässe und Nerven markiren im Körper gewisse Hauptlinien, die Radien erster Ordnung oder die Ambulacralradien; zwischen denselben interambulacral oder in den Radien zweiter Ordnung mündet dagegen der Steincanal mit der Madreporenplatte und liegt das „Herz". Ebenfalls interambulacral sind die Geschlechtsorgane angebracht, welche entweder 5 einzelne oder 5 Paar traubige Drüsen resp. Drüsengruppen darstellen; sie sind in der geräumigen Leibeshöhle an besonderen Aufhängebändern befestigt. In der Leibeshöhle findet sich ausserdem nur noch der durch ein Mesenterium an der Körperwand aufgehängte Darmcanal.

Die Echinodermen sind ausschliesslich Bewohner des Meeres, welches sie in ganz aussergewöhnlicher Individuenzahl bis in die grössten Tiefen hinein bevölkern; manche Gruppen, wie die meisten Haarsterne, sind vorwiegend Tiefseebewohner, andere bevorzugen die felsigen Küsten. Namentlich zur Fortpflanzungszeit sammeln sich am Meeresufer Seeigel, Seesterne und Holothurien, um die Geschlechtsproducte in das Wasser zu entleeren, wo ihre Vereinigung und die Befruchtung erfolgt.

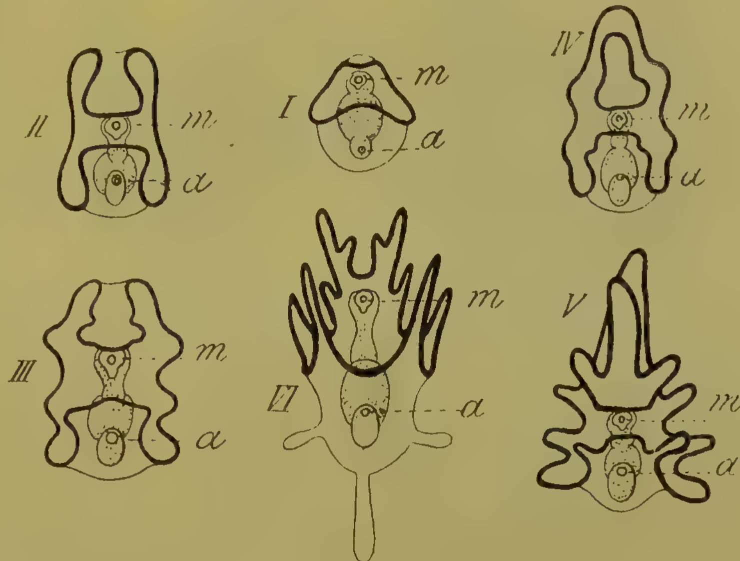


Fig. 272. Echinodermenlarven (nach Johannes Müller). *m* Mund, *a* After. *I* gemeinsame Ausgangsform aller Larven. *II*, *III* Entwicklungsstadien der Holothurien-Auricularia. *IV*, *V* Entwicklungsstadien der Asteriden-Bipinnaria *VI.* Pluteus eines Spatangiden. Die schwarze Linie bezeichnet den Verlauf der Wimperschnur.

Entwicklung.

Aus den Eiern schlüpfen Larven aus, welche frei schwimmend an der Oberfläche des Wassers pelagisch leben und sich von den ausgebildeten Thieren ganz wesentlich unterscheiden, einmal durch ihre weiche, gallertige und durchsichtige Beschaffenheit, zweitens durch ihre bilaterale Symmetrie (Fig. 272). Durch Entwicklung von lappigen Fortsätzen und dünnen, von Kalkstäben gestützten Armen gewinnen sie ein höchst abenteuerliches und verschiedenartiges Aussehen (*Plutei* der Seeigel und Ophiuren, *Brachiolarien* und *Bipinnarien* der Seesterne, *Auricularien* der Holothurien); sie lassen sich aber alle auf eine gemeinsame Ausgangsform zurückführen, welche durch die Anwesenheit eines 3theiligen Darms und einer den Mund umgebenden Flimmerschnur an manche Wurmlarven, besonders an die Tornaria des Balanoglossus, erinnert. Die Unterschiede im Aussehen der Larven sind einerseits bedingt

durch die Art der Ausbuchtungen der Wimperschnur, andererseits dadurch, dass dieselbe in zwei oder mehr sich von Neuem schliessende Stücke zerlegt wird. (Fig. 272 V.)

Die Umwandlung der bilateralen Larve in das radial gebaute Echinoderm ist sehr complicirt; sie wird frühzeitig vorbereitet durch Ausstülpungen des Darms, welche sich abschnüren und die „Vasoperitonealblasen“, die Anlagen der Leibeshöhle und des Ambulacralgefässsystems liefern (Fig. 273). Von der Anlage der Leibeshöhle, welche entweder von Anfang an paarig ist oder doch bald paarig wird, trennt sich das unpaare Ambulacralsäckchen und giebt den Anstoss zur Umwandlung der

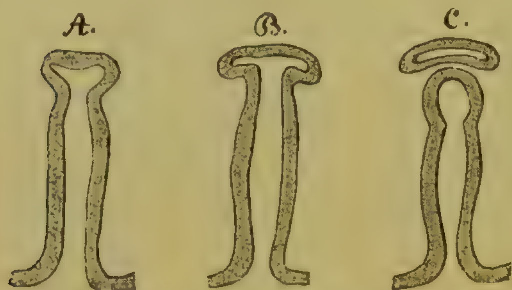


Fig. 273. Bildung des Wassergefässsystems und der Leibeshöhle eines Echinus (aus Heider-Korschelt). *A* Erste Anlage der Vasoperitonealblase; *B* dieselbe beginnt sich vom Darm abzuschnüren; *C* vollkommene Abschnürung derselben.

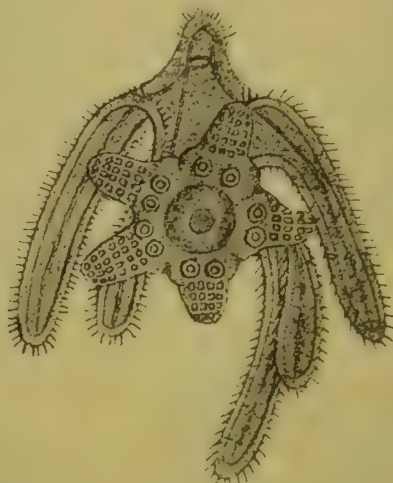


Fig. 274. Bildung der Ophiure von der Pluteuslarve aus (nach Joh. Müller aus Heider-Korschelt).

streng bilateralen Larve in das radialsymmetrische Echinoderm; es dehnt sich zu einem den Oesophagus umschliessenden Ring aus, welcher 5 radiale Ausstülpungen, die Anlagen der Ambulacralgefässe bildet. Indem diese die Körperoberfläche vor sich hertreiben, entstehen bei den Seesternen, welche die Verhältnisse am klarsten erläutern, die Arme als Auswüchse, welche an Knospen erinnern (Fig. 274). Dies hat dazu geführt, die Arme eines Seesterns als Individuen für sich, den ganzen Seestern und so auch jedes andere Echinoderm als eine Colonie von 5 Individuen aufzufassen: die Entwicklung würde dieser Auffassung zufolge eine Art Generationswechsel sein, die Echinodermenlarve eine Amme, welche durch Knospung einen Stock von 5 Geschlechtsthieren erzeugt. So bestechend diese Ansicht auch ist, so entspricht sie doch nicht den thatsächlichen Verhältnissen, indem sie einen nicht durchführbaren Gegensatz zwischen Larve und fertigem Echinoderm annimmt. Mit ihren wichtigsten Organen geht erstere in letzteres über: das Echinoderm bringt die Anlagen nur zu weiterer Entfaltung, wie auch ein Insect viele in der Larve noch fehlenden oder unvollkommen entwickelten Organe im Laufe seiner Metamorphose erzeugt: wie die Insectenentwicklung, ist auch die Echinodermentwicklung eine Metamorphose.

Schon bei einer oberflächlichen Betrachtung kommt man dazu, die Echinodermen in 4 Classen zu theilen, die *Asteroideen*, *Crinoideen*, *Echinoideen* und *Holothurien;* dagegen kann man getheilter Meinung sein, ob man die Crinoideen oder die Asteroideen als die ursprünglicheren Formen an die Spitze stellen soll. Die schwerwiegenderen Gründe sprechen zu Gunsten der Crinoideen; dagegen sind die Asteroideen unzweifelhaft geeigneter, um in das Studium der Echinodermen einzuführen.

I. Classe.

Asteroideen, Seesterne.

Am Körper eines Seesterns kann man zwei Bestandtheile unterscheiden, die centrale Mundscheibe und die von ihr meist in Fünfzahl ausstrahlenden Arme (Fig. 281). Das Verhältniss, in dem beide Theile zu einander stehen, schwankt zwischen zwei Extremen: bei manchen Seesternen spielen die Arme die Hauptrolle und die Mundscheibe sieht nur wie die Verwachsungsstelle ihrer proximalen Enden aus (Fig. 275, 276); auf der anderen Seite kann die Mundscheibe an Bedeutung gewinnen, sich auf Kosten der Arme vergrössern und diese gleichsam in sich aufsaugen, so dass sie nur als die fünf Ecken der pentagonalen Mundscheibe zur Geltung kommen. (Fig. 277, 279.)

Ferner unterscheiden wir am Seestern, und zwar sowohl an den Armen wie an der Mundscheibe, eine dorsale und eine ventrale Seite,

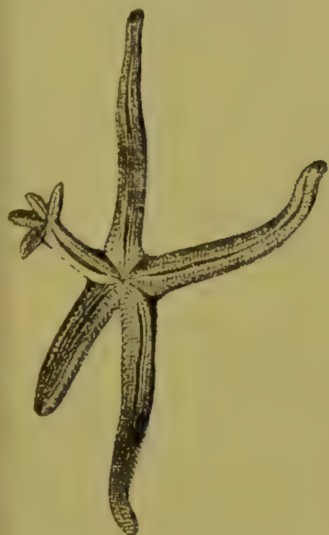


Fig. 275. Kometenform von Linckia multifora (aus Heider Korschelt). Einer der 5 Arme erzeugt durch Knospung einen neuen Seestern.



Fig 276. Ophidiaster Ehrenbergi Kometenform (der ursprünglicheArm nur zum kleinsten Theil dargestellt) (nach Haeckel).

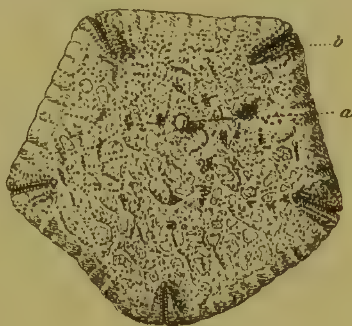


Fig. 277. Culcita pentangularis vom Rücken gesehen. *b* aufgebogene Enden der Ambulacralfurchen, *a* Madreporenplatte (aus Ludwig).

welche mit schmalen Randpartien in einander übergehen. Die ventrale Seite ruht bei normaler Stellung des Thieres auf dem Boden; sie trägt die im Centrum angebrachte Mundöffnung und die von dieser beginnenden, bis in die Armspitzen reichenden fünf Ambulacralfurchen; dorsal dagegen lagert nahezu im Centrum der After (sofern er nicht zurückgebildet ist) und excentrisch in einem der Interambulacra die Madreporenplatte. (Fig. 277 *a*.)

Die Haut eines Seesterns ist überall von grossen und kleinen an einander gefügten Kalkplatten geschützt; dieselben machen den Körper eines todten Seesterns hart und starr; während des Lebens aber sind sie so sehr verschiebbar, dass der Seestern in ganz überraschender Weise seine Arme einrollen und umbiegen und seinen Körper durch enge Oeffnungen und Spalten hindurchschieben kann. Unter den Skeletstücken verdienen besondere Beachtung die Ambulacralia, welche das Dach der Ambulacralfurche bilden und, wie man am besten auf Querschnitten durch einen Arm sieht, diese Furche gegen die Leibeshöhle der Arme abschliessen. (Fig. 278.) In jedem Arm sind zwei Reihen von Ambulacralia vorhanden, welche wie Dachsparren in

der Mittellinie zusammenstossen. Ein in dieser Weise zusammengefügtes Paar nennt man einen Ambulacralwirbel, weil die Paare in der Längsrichtung des Armes wie Wirbel auf einander folgen. Als minder constante Theile können sich an die seitlichen Enden eines „Wirbels" die Adambulacralia ansetzen und an diese wieder die Marginalia, welche die Seitenwände der Arme panzern. (Fig. 278 ad, m¹, m².)

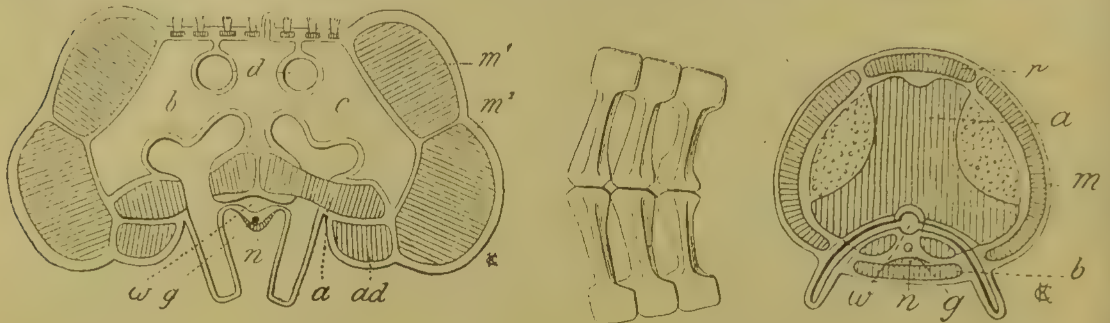


Fig. 278. Links Querschnitt durch den Arm von Astropecten aurantiacus, in der Mitte 3 aus je zwei Ambulacralien bestehende Wirbel desselben Thiers von oben gesehen, rechts Querschnitt durch den Arm von Ophiothrix fragilis. *m* (*m*¹ *m*²) Marginalia, *a* Ambulacralia (bei Astropecten auf der linken Seite zum Theil durch den Füsschencanal verdeckt), *ad* Adambulacralia, *b* Bauchplatten, *r* Rückenplatten der Ophiuren; *n* Ambulakralnerv, *g* Blutgefäss, *w* Wassergefäss; *b* Ampulle, *c* Leibeshöhle, *d* Darmblindsäcke.

Die Organe eines Seesterns liegen zum Theil in der Leibeshöhle, zum Theil in der Ambulacralfurche. Der Leibeshöhle gehört der Darm an, welcher als ein kurzes weites Rohr vom Mund zum Rücken emporsteigt, um dort den After zu bilden oder blind geschlossen zu endigen (Fig. 279. 280); in die Leibeshöhle der Arme entsendet er fünf Paar Blindsäcke, die reich mit Ausbuchtungen besetzten Leberschläuche. Neben den Leberschläuchen liegen die langen traubigen Geschlechtsdrüsen, welche im Winkel zwischen zwei Armen münden. (Fig. 279, 280.)

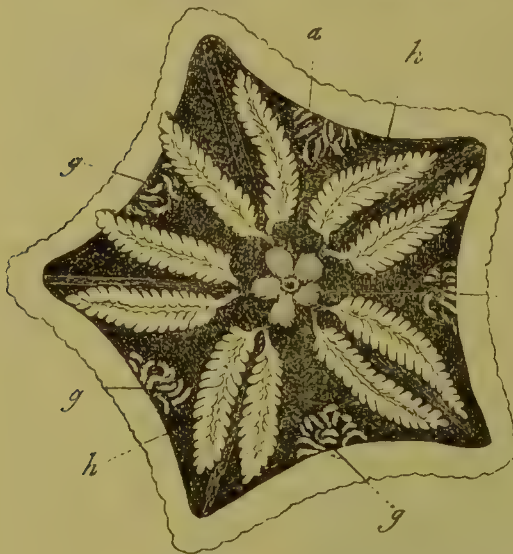


Fig. 279. Asteriscus verruculatus vom Rücken aus geöffnet (nach Gegenbaur). *h* Leberblindschläuche, *i* rosettenförmiger Magen mit After. *g* Geschlechtsdrüsen.

In der Leibeshöhle sind ferner noch die Anfänge des Ambulacral- und Blutgefässsystems eingeschlossen; der Steincanal, begleitet von dem „Herzen" (Fig. 280), steigt in einem der Interambulacra von der Madreporenplatte zu dem die Mundöffnung umgebenden Ringcanal herab. Die Seitenäste der Ambulacralgefässe (Fig. 278) treten durch den Zwischenraum zwischen zwei Ambulacralwirbeln in die Leibeshöhle, schwellen daselbst zu Ampullen an und kehren dann in die Furche zurück, um in die aus der Furche hervortretenden Füsschen einzudringen. Wie die Ampullen, so liegen auch die Reservoirs des Ringcanals, die Poli'schen Blasen (5 Paar), in der Leibeshöhle.

Da die Arme eines Seesterns fast alle wichtigen Organe enthalten, erklärt sich ihre grosse physiologische Selbständigkeit; abgelöste Arme leben

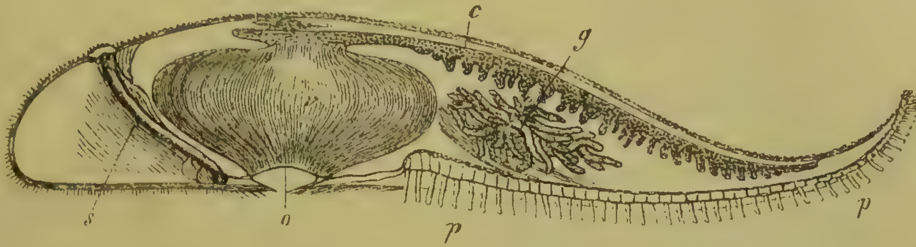


Fig. 280. Ein durch ein Ambulacrum und das entgegengesetzte Interambulacrum geführter Radialschnitt von Solaster endeca. *s* Steincanal mit Madreporenplatte, daneben das Herz, *o* Mund, *v* Magen, *c* Leberschlauch, *g* Geschlechtsdrüsen, *p* Füsschen.

nicht nur weiter, sondern regeneriren sogar das ganze Thier, indem sie zuerst die Mundscheibe bilden, an welcher dann die neuen Arme als kleine Knospen herauswachsen (Kometenform) (Fig. 275, 276); die Ablösung kann entweder durch Verletzung herbeigeführt oder, was nicht selten vorkommt, spontan eingetreten sein. Es ist begreiflich, dass diese ausserordentlich auffallende Erscheinung benutzt worden ist, um zu beweisen, dass die Seesterne Thiercolonien sind.

Die hier gegebene Schilderung passt vornehmlich auf die erste Ordnung der Asteroideen, die *Stelleriden* oder die Seesterne im engeren Sinne; dagegen weichen die *Ophiuriden* oder Schlangensterne in einigen wichtigen Punkten von ihr ab. Die Arme der Ophiuriden (Fig. 282) sind sehr schlank und gegen die Mundscheibe scharf abgesetzt; sie werden der Hauptmasse nach von den zu einheitlichen Armwirbeln verschmolzenen Ambulacralien gebildet, welche die Leibeshöhle der Arme zu einem unansehnlichen Canal eingeengt haben. (Fig. 281 rechts.) In Folge dessen fehlen die Leberschläuche und

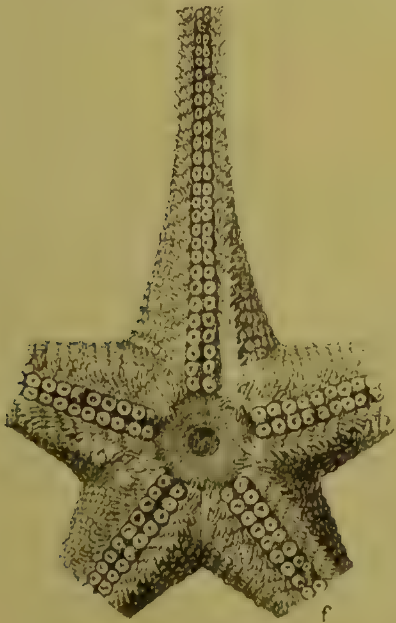


Fig. 281. Pythonaster Murrayi (nach Sladen) in ventraler Ansicht. *f* die von der Mundöffnung ausstrahlenden Ambulacralfurchen mit den Füsschenreihen. (Die Arme sind nur zum Theil dargestellt.)



Fig. 282. Ophioglypha bullata, vom Rücken gesehen (nach Wyville Thomson).

sind die Geschlechtsorgane ganz auf die Mundscheibe beschränkt. Ferner sind die Ambulacralfurchen durch ventrale Kalkplatten geschlossen und so zu Canälen geworden. Die Füsschen besitzen keine Saugplatten und dienen nur zum Tasten, während die Arme durch schlängelnde Bewegungen die Ortsveränderungen bewirken. Die Arme, welche bei den Stelleriden alle wichtigen Organe enthalten und den Eindruck von colonial verbundenen Einzelthieren machen, sind bei den Ophiuren zu Anhängen der Mundscheibe geworden.

Unter den beiden Gruppen der Seesterne giebt es nun Formen, welche zu zwei anderen Echinodermenclassen überleiten. Bei einigen Stelleriden sind die Arme so sehr in die Mundscheibe eingezogen, dass der Körper nur eine pentagonale Scheibe ist. (Fig. 277, 279.) Stellt man sich diesen Körper kugelig aufgeblasen vor und lässt man ferner das Rückenintegument auf ein kleines Areal schrumpfen und die ventrale Seite mit ihren Ambulacren sich in gleicher Weise bis nahe zum Rückenpol ausdehnen, so erhält man den Bau der Seeigel. Durch Umgestaltungen im entgegengesetzten Sinne lassen sich von den Ophiuriden die Crinoideen ableiten. Die schon dort zu Anhängen gewordenen Arme verlieren bei den Crinoideen noch mehr den Charakter der Selbständigkeit und werden zu tentakelartigen Fortsätzen, welche sich sogar wiederholt verästeln können.

I. Ordnung. Stelleroideen.

Bei den Stelleroideen enthalten die Arme eine sehr geräumige Leibeshöhle, in welche der Darm mit je einem Paar Leberblindschläuchen eindringt; die Ambulacralfurche bleibt offen. Die Ambulacralwirbel bestehen aus linken und rechten, nicht verschmolzenen Stücken. Ein Beispiel für ansehnlich entwickelte Arme mit kleiner Mundscheibe liefern die *Asteriaden* mit *Asterias glacialis* O. F. Müll. als Typus, einem der verbreitetsten Seesterne, der durch 4reihige Anordnung der Füsschen charakterisirt ist. Mittleren Ausbildungsgrad der Arme zeigen die afterlosen *Asteropectiniden* (*Asteropecten aurantiacus* Gray.). Reduction der Arme zu Gunsten der pentagonalen Mundscheibe findet sich bei *Pentacerontiden* (*Culcita coriacea* M. u. Tr., Fig. 277).

II. Ordnung. Ophiuroideen.



Fig. 283. Astrophyton arborescens (aus Ludwig).

Bei den Ophiuroideen ist die Leibeshöhle in den Armen fast ganz rückgebildet, so dass in ihnen weder Geschlechtsorgane noch Darmblindsäcke Platz finden. Die Ambulacralfurche ist durch Bauchschilder geschlossen, die Ambulacralien sind zu massiven Armwirbeln verschmolzen. Die Madreporenplatte liegt auf der ventralen Seite. Die Arme sind unverästelt bei den *Ophiuriden* (*Ophioglypha bullata* W. Th.; *Ophiothrix fragilis* Dub.); sie sind dichotom verästelt bei den *Euryaliden* (*Astrophyton arborescens* Ag. Fig. 283).

II. Classe.

Crinoideen oder Haarsterne.

Die Crinoideen oder Haarsterne bilden einen Zweig der Echinodermen, welcher im Aussterben begriffen ist. In früheren Erdperioden, namentlich im paläozoischen Zeitalter, waren sie massenhaft vertreten; jetzt lebt eine ziemlich beschränkte Zahl von Gattungen und Arten in sehr grossen Meerestiefen weiter, und nur die kleine Familie der *Comatuliden* gehört der oberflächlichen Küstenfauna an. Auf dem Meeresboden sind die Crinoideen mittelst eines langen, von einem Centralcanal durchsetzten Stieles festgewachsen (Fig. 284); derselbe besteht aus rundlichen, scheibenförmigen Stücken, welche über einander geschichtet sind und oft seitlich entspringende, in fünf Reihen angeordnete, rankenartige Ausläufer, die Cirren, tragen. Die Befestigung mittelst eines Stieles fehlt den *Comatuliden* (Fig. 285), welche entweder mit ihren später zu besprechenden Armen im Wasser schwimmen oder sich mit ihnen an Tangen anranken. Indessen haben diese Thiere während ihrer Entwicklung das sogenannte Pentacrinusstadium zu passiren, während dessen sie mit einem Stiel angewachsen sind, ein sicherer Beweis, dass die festsitzende Lebensweise für die Crinoideen der ursprüngliche Zustand war. (Fig. 286.) Bei den Comatuliden erhält sich, wenn sie sich später ablösen, wenigstens ein Rest des Stiels, das oberste Glied mit seinen Cirren, das „Centrodorsale“; es verwächst mit den untersten Kelchplatten, den Infrabasalien.



Fig. 284. Pentacrinus maclearanus (nach Wyville Thomson).

Auf dem obersten Stielglied balancirt ein kelchförmiger Körper, dessen Rand 5—10 meist verästelte Arme trägt. Die Seitenwandungen des Kelchs sind von polygonalen Kalkplatten fest gepanzert. Zunächst folgt gewöhnlich auf den Stiel ein Kranz von fünf Platten, die

Basalien (Fig. 287 *b*); mit ihnen alternirt ein zweiter Kranz von Platten, die Radialien (*r*); dazu kann noch ein Kranz von Infrabasalien kommen,



Fig. 285. Ausgebildetes Thier von Antedon macronema (nach Carpenter).

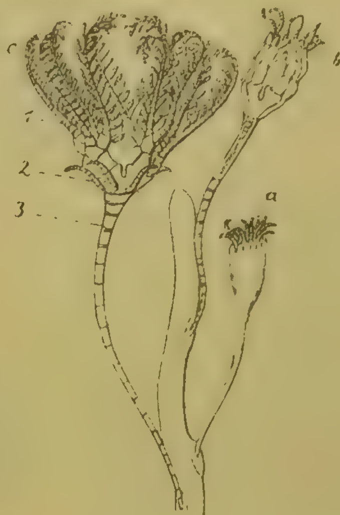


Fig. 286. *a, b, c* verschieden alte Pentacrinusstadien von Antedon rosacea. *1* Arme, *2* Cirren, *3* Stiel.

welche unterhalb der Basalien mit den Radialien auf gleicher Linie stehen.

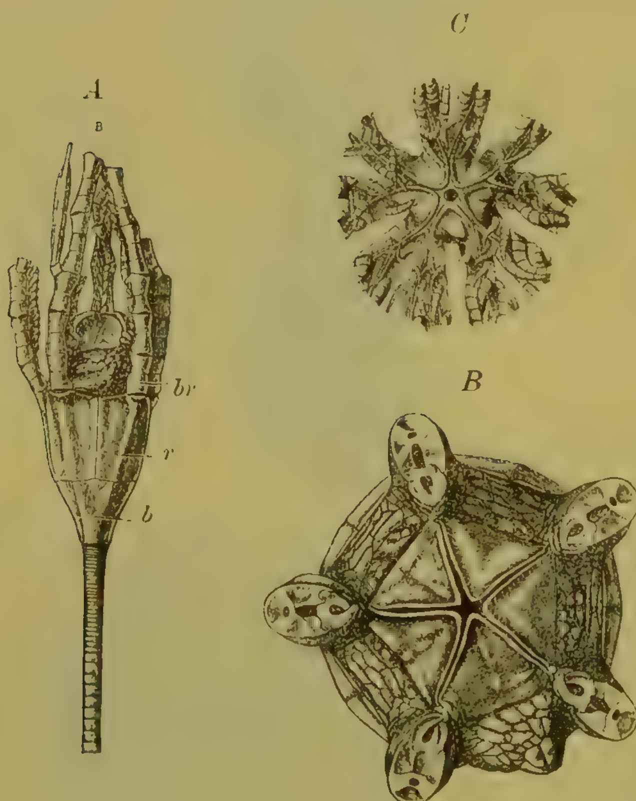


Fig. 287. Hyocrinus Bethleyanus. *A* oberes Ende des Stiels mit dem Kelch und der Basis der 5 Arme. *br* Brachialia, *r* Radialia, *b* Basalia. *B* Kelch von der oralen Seite gesehen mit Basis der Arme, Mundöffnung, 5 ambulacralen Furchen. In einem Interradius der After. *C* Zum Vergleich der Kelch einer Antedon macronema mit 5 verästelten Ambulacralfurchen und 10 nur mit der Basis dargestellten Armen.

An die Radialien schliessen sich vielfach direct die Stücke des Armskelets, die Brachialien an (Fig. 287). Sehr häufig kommt es aber auch vor, dass die Arme sich ein- oder mehrmal dichotom verästeln, dass ferner die Basis der Arme und ihre erste Gabelung in den Kelch hinein bezogen wird, was dann zur Folge hat, dass zehn Arme von der Kelchperipherie zu entspringen scheinen. Im letzteren Fall rechnet man die untersten Brachialien zum Kelch und nennt sie ebenfalls Radialia, und die nach der Gabelung entstehenden Doppelreihen Radialia distichalia (Fig. 284, Fig. 285). Von den Armen entspringen in einer linken

und rechten Reihe die **Pinnulae**, lancettförmige, von Kalkstücken gestützte Blättchen, in denen die Geschlechtsorgane reifen, bis sie durch Platzen frei werden.

In der Mitte der Mundscheibe, welche den Kelch nach oben abschliesst, findet sich die Mundöffnung. Dieselbe ist im Gegensatz zu den übrigen Echinodermen, welche mit der Mundöffnung nach abwärts kriechen, vom Boden abgewandt; sie führt in einen geräumigen Nahrungsschlauch, an dem man Anfangsdarm, Magen- und Enddarm unterscheiden kann; letzterer mündet interambulacral nahe der centralen Mundöffnung. Vom Mund aus beginnen fünf Ambulacralfurchen, welche bei den fünfarmigen Crinoiden (Fig. 287 *B*) sich direct auf die Arme fortsetzen und bis an das äusserste Ende der feinen Pinnulae reichen; bei den zehnarmigen Formen erfahren sie noch im Bereich der Mundscheibe ihre erste Gabelung. (Fig. 287 *C*.) Im Umkreis des Mundes beginnen Ambulacralgefässsystem, Blutgefässsystem und Nervensystem mit einem Ring; sie verlaufen dann ähnlich den Asteriden am Grund der Ambulacralfurche und treten sogar auf die Pinnulae über, um sich zu verästeln. Unterschiede zu den Seesternen sind darin gegeben, dass die Saugfüsschen, welche bei der sitzenden Lebensweise werthlos sein würden, durch zarte, zum Tasten dienende Schläuche oder Tentakeln, denen die Ampullen fehlen, ersetzt sind. Ferner fehlt ein typischer Steincanal; an Stelle desselben gehen vom Ringcanal fünf oder viele hundert Röhrchen aus, welche in die Leibeshöhle münden; ihren Mündungen liegen feine Oeffnungen in der Mundscheibe, die Kelchporen, gegenüber, durch welche das Wasser in die den Steincanal ersetzenden Röhrchen eingeleitet wird. Endlich ist auch das ambulacrale Nervensystem schwach entwickelt; es wird sogar von manchen Forschern ganz in Abrede gestellt. Dagegen findet sich ein **antiambulacrales Centralorgan**, Faserstränge, die in der Axe der Radialia und Brachialia verlaufen und sich im Centrodorsale zu einem Ring vereinigen. Im Centrodorsale beginnt auch ein räthselhaftes Organ, das in der Kelchaxe nach der Mundscheibe zu aufsteigt und dem Herzen der übrigen Echinodermen verglichen wird, das sogenannte **Dorsalorgan**.

Die *Crinoideen* — vielfach im Gegensatz zu den Blastoideen und Cystideen auch *Eucrinoideen* genannt — zerfallen in zwei Gruppen: Die *Palaeocrinoideen* (*Tesselaten*) haben einen Kelch, dessen Seitenwandungen aus unbeweglich aneinander gefügten dünnen Platten bestehen, dessen Ambulacralfurchen durch Kalkplättchen meist vollkommen gedeckt sind; sie lebten ausschliesslich im paläozoischen Zeitalter. *Cupressocrinus crassus* Goldfuss. — Die *Neocrinoideen* (*Articulaten*), ausgezeichnet durch offene Ambulacralfurchen und derbe, zum Theil gelenkig verbundene Kelchplatten, lösten die Palaeocrinoideen im mesozoischen Zeitalter ab; einige Familien haben sich bis auf die Neuzeit erhalten. In der Tiefsee leben die gestielten *Rhizocriniden* (Fig. 287) (*R. lofotensis* Sars) und *Pentacriniden* (*P. caput medusae* Lam.). Der Küstenfauna gehören die *Comatuliden* (Fig. 285) an, welche in der Jugend noch festsitzen, später unter Rückbildung des Stiels frei beweglich werden: *Antedon rosacea* Norm.

Anhang.

In Kürze seien hier die von den echten Crinoideen sehr abweichenden *Cystoideen* und *Blastoideen* erwähnt. Die ausschliesslich paläozoischen, besonders im Silur vertretenen *Cystoideen* gehören zu den ältesten Ver-

steinerungen. Ihr kugeliger Körper wird von zahlreichen polygonalen Platten gebildet, welche häufig durch die Porenrauten ausgezeichnet sind. Stiel- und Armapparat sind rudimentär und können ganz fehlen. *Echinosphaerites aurantium* His. (Fig. 288).

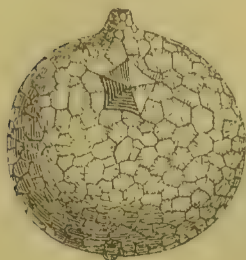


Fig. 288. Echinosphaerites aurantium (aus Zittel).

Die *Blastoideen* treten am Ende der Silurzeit auf, um schon zum Schluss der Steinkohlenperiode zu verschwinden. Arme fehlen vollkommen, dagegen ist die Mundöffnung von fünf blumenblattartigen Ambulacra umgeben. *Pentremites florealis* Say. (Fig. 289.)

III. Classe.

Echinoideen, Seeigel.

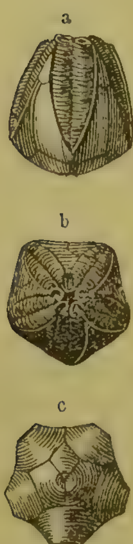


Fig. 289. Pentremites florealis (aus Zittel). *a* in seitlicher, *b* in oraler, *c* in aboraler Ansicht.

Um den Bau der Seeigel zu verstehen, gehen wir von den regulären Formen aus, welche eine annähernd kugelige Gestalt besitzen (Fig. 290, 291). Bei ihnen liegen Mund und After einander gegenüber an den Enden der Hauptaxe, jede Oeffnung inmitten eines bei den einzelnen Familien in verschiedener Weise von Kalkplatten getäfelten Feldes, der Mund innerhalb des Peristoms, der After innerhalb des Periprocts. Der zwischen Peristom und Periproct gelegene Haupttheil der Körperwand besteht aus fünfeckigen Kalkplatten, welche fest zu einer unnachgiebigen Kapsel zusammengefügt sind und nur ausnahmsweise eine geringe Verschiebbarkeit gestatten. Die Platten sind in 20 meridionalen Reihen angeordnet oder, genauer ausgedrückt, in 10 Doppelreihen, da immer zwei Reihen in einem engeren Zusammenhang stehen. Fünf Doppelreihen heissen nach ihrer Lage in den Radien erster Ordnung die Ambulacren, die dazwischen gelegenen fünf übrigen die Interambulacren. Beiderlei Platten, die ambulacralen wie die interambulacralen, tragen kleine halbkugelige Gelenkhöcker, auf denen nadelartig zugespitzte oder kolbig verdickte Stacheln äussert beweglich durch Gelenkbänder und Muskeln befestigt sind, um so nicht nur wirksame Schutzorgane, sondern auch einen zur Fortbewegung dienenden Hebelapparat zu bilden. Von den Interambulacren unterscheiden sich die Ambulacren vor Allem durch ihre Beziehungen zu den Füsschen: sie werden, da die Ambulacralampullen auf ihrer Innenwand liegen, von den Füsschencanälen durchbohrt und tragen je nach der Zahl der Füsschen entweder ein oder mehrere Paare von Ambulacralporen. Diese für die Seeigel charakteristische paarige Gruppirung der Poren hängt damit zusammen, dass die Verbindungen zwischen Füsschen und Ampullen durch doppelte Canäle hergestellt werden. Wenn man einen Seeigel in Bewegung von einem seiner Pole betrachtet, so sieht man aus dem Wald von Stacheln die zarten Füsschen tastend hervortreten in Reihen, welche durch ihre Anordnung in fünf meridionalen Streifen die Ambulacra bezeichnen.

In der Beschaffenheit der Ambulacra unterscheidet man zwei systematisch wichtige Modificationen, die Bandform und die petaloide

Form. Bei ersterer reichen die Füsschen in gleicher Ausbildung vom Periproct bis zum Peristom (Fig. 290, 291); bei letzterer kann man einen



Fig. 290. Coelopleurus floridanus (nach Agassiz) vom aboralen Pol betrachtet. *a* Ambulacra mit den Ocellarplatten, *b* Interambulacra mit den Genitalplatten endend, im Centrum das aus 4 Platten bestehende Periproct.

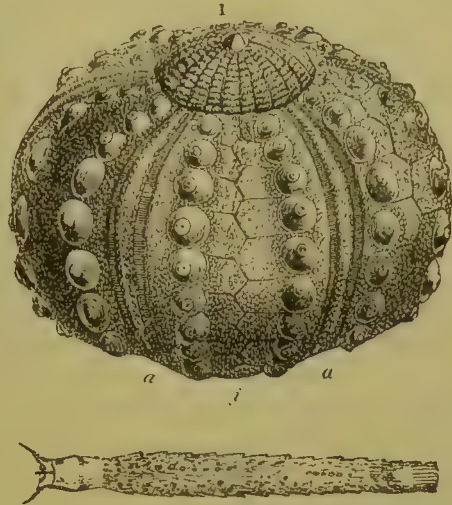


Fig. 291. Kapsel einer Cidaride in halb seitlicher, halb oraler Ansicht. 1 Peristom mit Zähnen nach aufwärts gewandt. *a* Ambulacra, *i* Interambulacra; darunter einer der von den Gelenkhöckern entfernten Stacheln (nach Rymer Jones).

dorsalen oder periproctalen und einen ventralen oder peristomialen Abschnitt unterscheiden. (Fig. 292.) Nur im ventralen Bereich sind stets locomotorische Füsschen vorhanden, aber so unregelmässig gestellt, dass keine auffällige Figur entsteht. Auf dem Rücken sind die Füsschen gewöhnlich zu Tentakeln modificirt. Die Ursprünge derselben sind äusserst regelmässig vertheilt und begrenzen 5 blumenblattartige Figuren um das Periproct herum, welche nach Entfernung der Stacheln besonders deutlich werden.



Fig. 292. Clypeaster subdepressus vom Rücken gesehen, um die petaloiden Enden der Ambulacra zu zeigen (nach Agassiz).

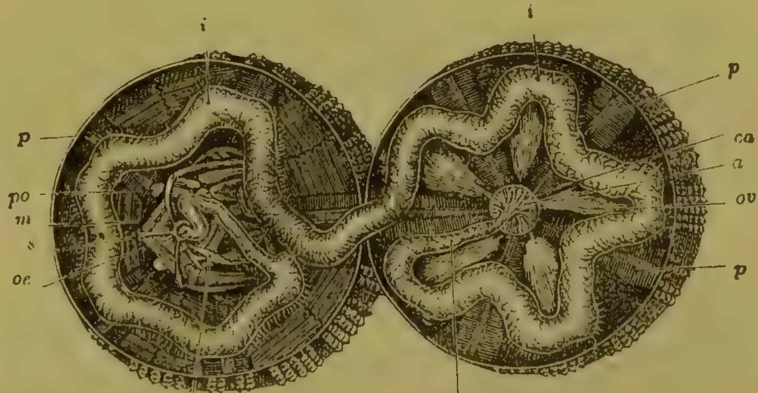


Fig. 293. Horizontaler Schnitt durch Toxopneustes lividus (aus Schmarda). *p* Ambulacra, *po* Anhänge des Blutgefässrings (früher Poli'sche Blasen genannt), *m* Muskeln des Kaugerüstes (s), *oe* Oesophagus, *i* Darm, *a* After mit *ca* Gefässring, *c* Herz, *ov* Ovar.

Die fünf Ambulacra und die fünf Interambulacra enden am Periproct mit jedesmal einer Platte; die fünf ambulacralen Endplatten nennt man die Ocellarplatten, die fünf interambulacralen die Genitalplatten; jene tragen kleine, früher als Augen gedeutete

Flecke, diese die Mündungen der Geschlechtsorgane. Eine der Genitalplatten zeichnet sich durch besondere Structur aus und ist zugleich die Madreporenplatte. (Fig. 290.)

Das Innere des kapselartigen Körpers wird von einem einzigen geräumigen Hohlraum, der Leibeshöhle (Fig. 293), eingenommen. An den Wandungen desselben ist der sehr dünnwandige Darm mittelst eines Mesenteriums befestigt. Der Darm steigt in der unteren Hälfte der Schale in einer Spiralwindung auf, kehrt dann um und gelangt mittelst einer rückläufig gewundenen Spirale in der oberen Hälfte zum After. Meist wird die Mundöffnung von fünf scharf zugespitzten Kalkplatten umstellt, den Zähnen, welche durch ein äusserst complicirtes System hebelartiger Kalkstäbchen und daran sich inserirender Muskeln bewegt werden. Man nennt den Apparat in seiner Gesammtheit die „Laterne des Aristoteles", da er in die Leibeshöhle hinein einen Aufbau erzeugt, der einige Aehnlichkeit mit einer Laterne besitzt. (Fig. 294.)

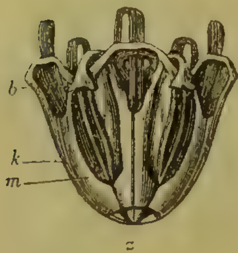


Fig. 294. Kauapparat (Laterne des Aristoteles) von Toxopneustes lividus. *b* Bügelstücke, *k* Kiefer, *z* Zähne, *m* Insertionen der Muskeln (nach Schmarda).

Auf der Laterne des Aristoteles liegen der Blutgefäss- und Ambulacralring; von ihnen steigen in der Axe des Schalenraumes zum Periproct Herz und Steincanal empor. Der Blutgefässring gibt ferner zwei den Darm begleitende Gefässe ab, der Ambulacralring die fünf Ambulacralgefässe. Letztere verlaufen auf der Innenseite der Ambulacra gemeinsam mit den Nerven, welche im Umkreis der Mundöffnung unter einander durch den Nervenring vereint sind. In der dorsalen Hälfte der Schalen liegen die fünf unpaaren Geschlechtsdrüsen, welche auf den Genitalplatten mit einem einheitlichen Ausfuhrgang interradial wie bei den Seesternen münden. (Fig. 293.)

Bei der Systematik müssen wir zunächst die ausschliesslich fossilen, dem Silur, Devon und der Steinkohle angehörigen *Perischoëchiniden* ausscheiden, bei denen zwar 5 Paar ambulacrale Plattenreihen vorhanden waren, die einzelnen Interambulacra dagegen von mehr als 2 Plattenreihen gebildet wurden. Die übrig bleibenden, theils fossilen, theils recenten Seeigel zerfallen dann in die beiden Gruppen der Regulares und Irregulares.

I. Ordnung. Regulares.

Die regulären Seeigel haben bandförmige Ambulacra, eine nahezu kugelige Körpergestalt und polar gelegene Mund- und Afteröffnung. Zu ihnen gehören vornehmlich die an unseren Küsten so weit verbreiteten *Echiniden*: *Echinus esculentus* L., der zu entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen so viel benutzte *Toxopneustes lividus* Brandt.

II. Ordnung. Irregulares.

Bei den irregulären Seeigeln ist der Körper abgeplattet, entweder schwach wie bei den *Spatangiden*, oder stark bis zur Blattform bei den *Clypeastriden*. Von den Ambulacren sondern sich die dorsalen Hälften und nehmen die petaloide Gestalt an. Aus dem Periproct, welches dauernd inmitten der petaloiden Rosette liegt, rückt der After in ein Interambulacrum, welches nach der Bewegungsrichtung der Thiere als das hintere be-

zeichnet werden kann; bei manchen Thieren ist die Verlagerung so bedeutend, dass der After auf dem Rand der Körperscheibe, ja sogar auf der ventralen Seite liegen kann. (Fig. 296.) Umgekehrt kann die Mundöffnung auf der ventralen Seite nach vorn rücken; da sie bei dieser Verschiebung nach wie vor der Ausstrahlungspunkt der functionirenden Füsschenreihen bleibt, so müssen 3 von diesen, die nach vorn gewandt sind, immer kleiner werden, die zwei nach rückwärts gewandten, welche das After-Interambulacrum begrenzen, müssen sich dagegen verlängern; sie dienen daher hauptsächlich zur Fortbewegung; man sagt desshalb, dass die irregulären Seeigel auf dem **Bivium** kriechen.



Fig. 295. Pedicellarien. *a* geschlossen, *b* geöffnet.



Fig. 296. Junger Spatangus purpureus nach Entfernung der Stacheln von der Bauchseite gesehen; vorn die Mundöffnung in Form eines Querspalts, am hinteren Ende der After, zwischen beiden das Bivium, welches keine Stachelhöcker hat (nach Agassiz).

Bei den *Clypeastriden* (Fig. 292) unterbleibt die Lageveränderung des Mundes; dieser behält daher die Gestalt einer runden Oeffnung und zugleich auch den Kauapparat bei (*Clypeaster subdepressus* Gray). Bei den *Spatangiden* (Fig. 296) dagegen (*Spatangus purpureus* Leske) rückt die Mundöffnung nach vorn, wird eine von queren Lippen begrenzte Spalte und besitzt keine Zähne mehr. Bei den Spatangiden ist daher die ursprünglich radial symmetrische Grundform der Echinodermen vollkommen zu einer bilateralen geworden.

IV. Classe.

Holothurien, Seewalzen.

Die Holothurien entfernen sich von dem typischen Habitus des Echinodermenstammes am meisten. Auf den ersten Blick scheinen sie vollkommen nackt zu sein und des sonst so auffallenden Hautskelets zu entbehren; nur bei genauer Untersuchung findet man in der Haut noch Reste von Verkalkungen in Form kleiner Platten, Rädchen oder Anker. Dafür besitzen sie einen stark entwickelten, mit der Haut fest verwachsenen Muskelschlauch, gebildet aus longitudinalen und circulären Faserzügen, welcher den Thieren etwas Derbes, Lederartiges verleiht.

Gewinnen die Thiere schon durch den Hautmuskelschlauch eine grosse Aehnlichkeit mit den Würmern, so wird dieselbe noch weiter dadurch gesteigert, dass die den After und den Mund verbindende Hauptaxe des Körpers stark verlängert ist und bei der Fortbewegung nicht wie bei allen übrigen Echinodermen senkrecht, sondern parallel zum Boden gerichtet ist. Damit hängt eine **hochgradige Störung der radialen Symmetrie** zusammen. Der auf dem Boden aufliegende Theil der Körperwand wird zur Bauchfläche; er unterscheidet sich in mehr oder minder auffälliger Weise vom Rücken durch lichtere

Färbung und ausgesprochene Abplattung. Von den 5 Ambulacren welche vom oralen zum aboralen Pol ziehen, sind meist nur die drei ventralen (Trivium) mit locomotorischen Füsschen ausgestattet (Fig. 297), die dorsalen besitzen Tentakeln.

In der Leibeshöhle (Fig. 298) liegt ein S förmig gewundener



Fig. 297. Cucumaria Planci (aus Ludwig), von der Bauchseite gesehen, *b* Füsschen des Triviums, *a* verästelte Tentakeln.

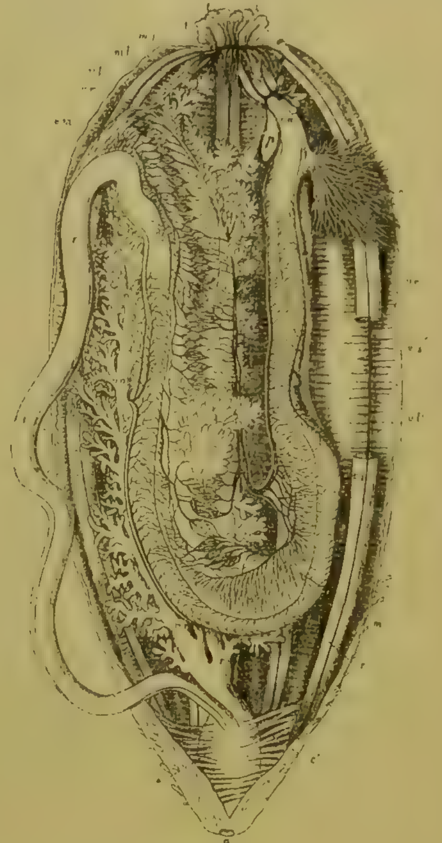


Fig. 298. Anatomie von Holothuria tubulosa. *a* After, *t* Mund mit schildförmigen Tentakeln, *c* Cloake mit Muskeln *c'*, *t* Darm, *r* ansitzende Wasserlungen, *m* Mesenterium, *ml* Längsmuskeln, *o* Ovar, *p* Poli'sche Blase mit verästeltem Steincanal, *va* Wassergefässring, *ve*, *vi*, *vr* Darmblutgefässe, *vl* Ambulacralgefässe mit abgehenden Füsschencanälen (*vl'*).

Darm, welcher mittelst eines Mesenteriums am Hautmuskelschlauch befestigt ist; in seinen Endabschnitt, in die durch radiale Muskeln ausdehnbare Cloake, münden 1—2 Wasserlungen; das sind prall mit Flüssigkeit gefüllte Säcke, welche mit kleinen verästelten blinden Ausläufern bedeckt sind. Da die Wasserlungen in ihrer Gestalt etwas an die Excretionsorgane der Gephyreen erinnern, haben sie vorübergehend zu der irrigen Auffassung verleitet, dass die Brücke von den Würmern zu den Echinodermen einerseits durch die Gephyreen, andererseits durch die Holothurien gebildet werde. Functionell sind die Wasserlungen als Respirationsorgane zu deuten, da sie sich periodisch mit frischem Wasser füllen und ausserdem von Blutgefässen reichlich umsponnen werden, welche von 2 den Darm begleitenden Hauptgefässen ausgehen. Häufig münden neben den Lungen noch die räthselhaften Cuvier'schen Organe.

Der Anfangsdarm wird von 5 radialen und 5 interradialen Kalk-

platten gestützt, welche den longitudinalen Muskelsträngen als Angriffspunkte dienen und ausserdem den Nervenring und den Ambulacralring bedecken. Beide Ringe geben wie sonst bei Echinodermen 5 radiale Stämme ab, die auf der Innenseite des Muskelschlauchs verlaufen. Vom Ambulacralring gehen ferner Ausstülpungen aus, welche im Umkreis des Mundes über die Körperoberfläche als äusserst sensible, zurückziehbare Tentakeln hervortreten und bald wie krausenartig gefaltete Blätter (*Aspidochiroten*) (Fig. 298), bald wie zierlich verästelte Bäumchen (*Dendrochiroten*) (Fig. 297) aussehen. Endlich sind als Anhänge des Ambulacralrings noch die meist unpaare Poli'sche Blase und der Steincanal zu nennen; letzterer ist verästelt und mündet mit mehreren Oeffnungen in die Leibeshöhle und nur ausnahmsweise auf der Körperoberfläche. — Vom Geschlechtsapparat existirt nur eine einzige Drüse, welche sich dorsal und interambulacral dicht neben dem Mund nach aussen öffnet.

Von besonderem Interesse ist die grosse Regenerationsfähigkeit der Holothurien. Unter ungünstigen Verhältnissen oder auf starke Reize hin (z. B. bei Conservirung in Spiritus ohne vorangegangene Betäubung durch Chloral) spucken die Thiere fast sämmtliche Eingeweide, namentlich den Darm aus; trotzdem bleiben sie am Leben und können sogar unter günstigen Verhältnissen das Verlorene wieder ersetzen. — Im Innern gewisser Arten leben einige Parasiten; in die Cloake und Wasserlungen von Holothurien schlüpft Schutz suchend ein kleiner Fisch, *Fierasfer acus*; in den Eingeweiden von *Synapta digitata* lebt die *Entoconcha mirabilis*, lange Zeit über die einzige bekannte parasitische Schnecke.

I. Ordnung. Pedaten.

Die Pedaten sind die typischen Holothurien, indem sie mindestens im Bereiche des Triviums die Saugfüsschen bewahren. Ihre Tentakeln sind verästelt: *Dendrochiroten* (*Cucumaria Planci* v. Marenz. Fig. 297) oder schildförmig: *Aspidochiroten* (*Holothuria tubulosa* Gm. (Fig. 298) und *H. edulis*, letztere im getrockneten Zustand bekannt als „Trepang", der von den Chinesen gegessen wird und einen wichtigen Handelsartikel des indomalayischen Archipels bildet). Eine besondere Gruppe bilden die Tiefseeholothurien, die mit eigenthümlichen dorsalen Ambulacralfortsätzen versehenen *Elasipoden* (*Deima validum* Theel).

II. Ordnung. Apodes.

Am fremdartigsten nehmen sich unter den Echinodermen die fusslosen Holothurien aus; sie kriechen im Schlamm wie Würmer, haben vom Wassergefässsystem nur die Fühler bewahrt und sind hermaphrodit. Die *Molpadiden* besitzen noch die Wasserlungen (*Molpadia australis* Semper), die *Synaptiden* (*Synapta digitata* Mueller) haben auch diese verloren.

Zusammenfassung der Resultate über Echinodermen.

1. Die **Echinodermen** theilen mit den Coelenteraten den r a d i a l s y m m e t r i s c h e n Bau, unterscheiden sich aber von ihnen

a) durch den Numerus der Radialsymmetrie (5),

b) dadurch, dass sie, wie die Larvenformen lehren, aus bilateral symmetrischen Formen abgeleitet werden müssen.

2. Weitere Unterschiede sind a) die Anwesenheit der Leibeshöhle, b) das Ambulacralgefässsystem, c) das mesodermale stachelige Hautskelet, welches den Namen Echinodermen veranlasst hat.

3. Das Ambulacralgefässsystem ist eine Einrichtung, welche zur Fortbewegung dient und in gleicher Weise nirgends vorkommt; man unterscheidet an ihm die siebartig durchbrochene, zur Wasseraufnahme dienende Madreporenplatte, den das Wasser weiter leitenden Steincanal, von dem aus der Ringcanal und die 5 Ambulacralgefässe mit ihren Ampullen sich füllen; Seitenäste der Ambulacralgefässe versorgen die Tentakeln und Füsschen und ermöglichen deren Ausstülpung.

4. Ambulacral, d. h. auf gleichen Radien mit den Ambulacralgefässen liegen die Blutgefässe und die Nervenstränge mit den Augen, interambulacral die Madreporenplatte, der Steincanal, das Herz und die Mündungen der Geschlechtsorgane.

5. Die Echinodermen zerfallen in 4 Classen: 1. **Asteroideen**, 2. **Crinoideen**, 3. **Echinoideen**, 4. **Holothurien**.

6. Die **Asteroideen** bestehen aus der Mundscheibe und den 5 von Ambulacralwirbeln gestützten Armen; je nachdem die Arme Darmblindsäcke enthalten oder nicht, zerfallen sie in Stelleroideen und Ophiuroideen.

7. Die **Crinoideen** bestehen aus einem kelchförmigen Körper, davon ausgehenden meist verästelten, Pinnulae tragenden Armen und einem meist Cirren tragenden Stiel; mit Hilfe des letzteren sind sie entweder dauernd festgewachsen oder nur im Laufe der Entwicklung, während das freibewegliche Thier nur einen Rest des Stiels (Centrodorsale) bewahrt. Man unterscheidet 1. echte Crinoideen, 2. Blastoideen, 3. Cystideen.

8. Die **Echinoideen** haben einen meist kugeligen oder ovalen Körper, der von Kalkplatten gepanzert ist, welche in meridionaler Richtung vom Peristom zum Periproct Reihen bilden, 5 Paar ambulacrale Plattenreihen und 5 Paar interambulacrale.

9. Am Periproct enden die ambulacralen Plattenreihen mit den unpaaren Ocellarplatten, die interambulacralen mit den ebenfalls unpaaren Genitalplatten; eine der letzteren ist zugleich Madreporenplatte.

10. **Reguläre Seeigel** zeigen den After im Centrum des Periprocts und die Mundöffnung im Centrum des Peristoms; sie haben bandförmige Ambulacra.

11. Bei den **irregulären Seeigeln** rückt stets die Afteröffnung in einem Interradius nach rückwärts (Clypeastriden), häufig auch die Mundöffnung nach vorn (Spatangiden); stets sind petaloide Ambulacra vorhanden.

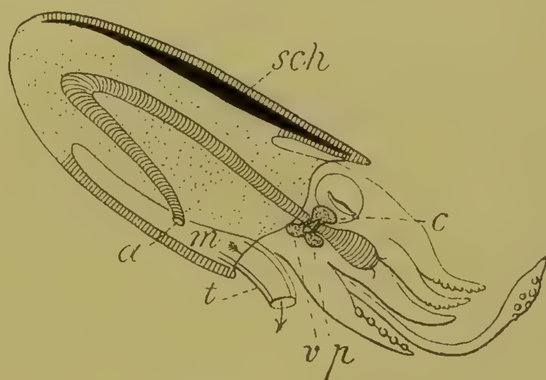
12. Die **Holothurien** sind wurmförmig verlängerte Echinodermen mit einer bis auf kleine Reste rückgebildeten Verkalkung; sie sind bilateral symmetrisch geworden, indem sie zur Fortbewegung nur 3 Füsschenreihen benutzen, indem sie ferner meist nur eine Geschlechtsdrüse und 1—2 Wasserlungen besitzen.

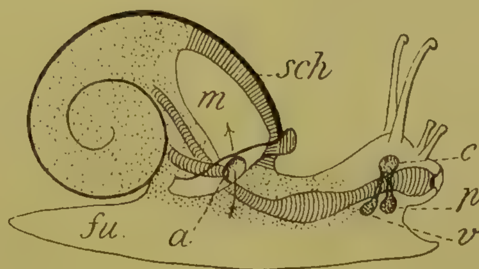
13. Man unterscheidet Pedata, welche ausser Mundtentakeln noch zum Kriechen dienende Füsschen haben und Apodes, bei denen nur noch die Mundtentakeln vorhanden sind.

V. Stamm.

Mollusken, Weichthiere.

Wenn wir die Gesammtheit ihrer Organisation überblicken, so machen die Mollusken — ähnlich wie die Plathelminthen und Hirudineen unter den Würmern — auf den Beobachter den Eindruck parenchymatöser Thiere. Eine geräumige Leibeshöhle fehlt; was früher als Leibeshöhle gedeutet wurde, hat sich als ein System sinuöser Hohlräume herausgestellt, welche mit dem Blutgefässsystem zusammenhängen und sich innerhalb eines Grundgewebes von Bindesubstanz und Muskeln ausbreiten, das besonders deutlich bei den Muscheln die Eingeweide durchsetzt. Gleichwohl gewinnt in der Neuzeit die Auffassung mehr und mehr an Boden, dass die Mollusken von Leibeshöhlenthieren abgeleitet werden müssen: es sei durch starke Wucherung eines bindegewebigen und musculösen Parenchyms die Leibeshöhle bis auf unbedeutende Reste, die Lumina des Herzbeutels und der Geschlechtsdrüsen, eingeengt worden.





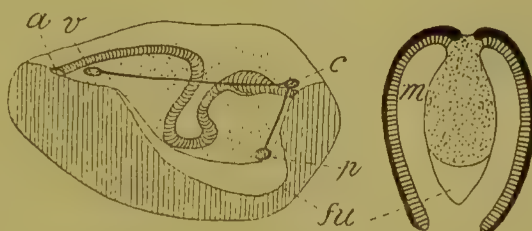


Fig. 299—301. Schemata der 3 Molluskenclassen. Fig. 299 eines Cephalopoden (Sepia), Fig. 300 einer Schnecke (Helix), Fig 301 einer Muschel (Anodonta), letztere seitlich und auf dem Durchchnitt. Eingeweideknäuel punktirt, Mantel schraffirt, Schale schwarz. *c* Cerebralganglion, *p* Pedalganglion, *v* Visceralganglion, *a* After, *fu* Fuss, *m* Mantelhöhle, *sch* Schale.

Kopf, Mantel, Fuss, Schale, Kieme.

Wo die Molluskenorganisation in allen Theilen wohlentwickelt ist, wie bei den meisten Schnecken, unterscheidet man am Körper 4 Abschnitte. (Fig. 299, 300, 301.) Die Hauptmasse des Körpers bildet der E i n g e w e i d e s a c k, in welchem die Muskulatur weniger reichlich ist, weil sie von der Leber, dem Darm, der Niere und dem Geschlechtsapparat auf eine dünne periphere Lage verdrängt wird. Nach vorn verlängert sich der Eingeweidesack in den K o p f, welcher

je nach den Arten mehr oder minder scharf durch eine halsförmige Einschnürung abgesondert ist und ausser dem Mund auch die Fühler und Augen, somit die wichtigsten Sinnesorgane, trägt. Nach abwärts schliesst sich eine unpaare dicke Muskelmasse an, der gewöhnlich zur Fortbewegung dienende Fuss. Vom Rücken endlich erhebt sich der Mantel, eine Hautfalte, welche einen grossen Theil des Körpers umhüllt. Die *Muscheln* (Fig. 301) haben eine doppelte Mantelfalte, eine rechte und linke, welche beide von der dorsalen Mittellinie entspringen und sich nach rechts und links über Fuss und Eingeweidesack ausbreiten; die *Tintenfische* (Fig. 299) und *Schnecken* (Fig. 300) dagegen haben eine unpaare Falte, welche von einer nahezu central gelegenen Region des Rückens ihren Ursprung nimmt und von hier aus nach allen Richtungen hin dachartig vorspringt oder sich wie eine Kapuze einseitig nach vorn oder nach hinten über den Körper herüberlegt. Der Mantel der Mollusken ist nach zwei Richtungen hin von Bedeutung: seine Aussenfläche ist mit einem Epithel bedeckt, welches die Fähigkeit hat, eine Schale zu bilden, indem es cuticulaartige, dicke Lagen einer reichlich mit kohlensaurem Kalk imprägnirten organischen Substanz (Conchiolin) ausscheidet. Die Innenfläche der Mantelfalte dagegen begrenzt mit der Körperoberfläche gemeinsam einen Raum, die Mantelhöhle, welche nach ihrer wichtigsten Function auch die Athemhöhle heisst. Da die meisten Mollusken Wasserbewohner sind, liegen in ihr besondere blutgefässreiche Erhebungen der Haut von verschiedener Gestalt, die Kiemen, während bei den Landbewohnern die Wandung selbst der mit Luft sich füllenden Athemhöhle (Lunge) zur Respiration verwandt wird.

Unter den erörterten Verhältnissen ist es begreiflich, dass die Beschaffenheit der Mantelfalten sowohl auf die Beschaffenheit der Schalen, wie auch der Athmungsorgane einen Einfluss ausüben muss. Paarige Mantelduplicaturen haben zur Folge, dass auch die Schale eine doppelte ist und aus einer linken und rechten Hälfte besteht, dass man eine linke und rechte Athemhöhle und demgemäss eine linke und rechte Kieme unterscheiden kann. Bei unpaarer Mantelfalte ist die Schale und die Mantelhöhle stets unpaar, während die Kiemen sehr häufig auch dann noch ihre paarige Anordnung beibehalten.

An den Stellen, an welchen der Körper der Mollusken nicht von der Schale bedeckt ist, besitzt er ein Cylinderepithel, das häufig Flimmern trägt und mit einzelligen Schleimdrüsen durchsetzt ist; diese bedingen die weiche schlüpfrige Beschaffenheit der Haut, die den Namen „Mollusca", Weichthiere, veranlasst hat; sie sind am Mantelrand besonders reichlich. Auch vielzellige Drüsen kommen vor, wie die Purpurdrüsen, Fussdrüsen etc. mancher Schnecken, die Byssusdrüse der Muscheln.

Nervensystem. Sinnesorgane.

So wichtig nun auch für die Charakteristik der Mollusken die Anwesenheitt von Kopf, Fuss und Mantel sein mag, so sind die genannten Körperanhänge doch keineswegs überall vorhanden. Bei keiner Muschel ist ein besonderer Abschnitt vom übrigen Körper als Kopf unterscheidbar; bei vielen Schnecken vermisst man die Mantelfalte und damit auch die Mantelhöhle und die Schale. Bei den Cephalopoden fehlt der Fuss oder er ist vielmehr zu anderweitigen Anhängen (Trichter und Armen) umgewandelt. Wenn man nun auch in allen diesen Fällen mit Sicherheit behaupten kann, dass der Mangel der wichtigen Molluskenorgane durch Rück- und Umbildung zu erklären ist, so bleibt

die Thatsache, dass die Organe beim ausgebildeten Thiere fehlen, gleichwohl bestehen. Daher ist es von ganz ausserordentlicher Wichtigkeit, dass die Beschaffenheit des Nervensystems uns ein Merkmal an die Hand giebt, welches von keinem Mollusken verleugnet wird. Dasselbe besteht aus 3 Knötchenpaaren, von denen ein jedes zu wichtigen Sinnesorganen in Beziehung steht. Ein Paar liegt dorsal vom Schlundkopf und entspricht den oberen Schlundganglien der Würmer; es sind die Hirn- oder Cerebralganglien, welche die Fühler und die Augen versorgen. Unterhalb des Darms liegen vorn auf der Muskelmasse des Fusses die Pedalganglien und auf ihnen oder in ihrer Nähe die Hörbläschen. Weiter rückwärts finden sich ebenfalls ventral die Visceralganglien. Von den Visceralganglien (oder den Visceralcommissuren) wird ein drittes bei den Mollusken weitverbreitetes Sinnesorgan innervirt, welches im Epithel der Mantelhöhle eine mit Flimmern bedeckte Verdickung darstellt und nach Lage und Bau als Geruchsorgan (Osphradium) gedeutet werden muss. Die Pedalganglien und Visceralganglien hängen mit den Cerebralganglien mittelst der Cerebropedal- und Cerebrovisceralcommissuren zusammen. Je nachdem diese Commissuren lang ausgezogen oder stark verkürzt sind, sind die Ganglienknötchen in dem Molluskenkörper weit zerstreut oder zu einer gedrungenen Nervenmasse im Umkreis des Schlundrohrs vereint.

Genauere Besprechung verlangen die Verhältnisse der Cerebral- und Visceralganglien. In den Verlauf der Cerebro-Visceralcommissuren sind nämlich bei den meisten *Schnecken* jederseits zwei Ganglien eingeschaltet, ein vorderes, das Pleuralganglion, welches mit dem Pedalganglion durch die Pleuropedalcommissur verbunden ist, und ein hinteres, das Parietalganglion, das eigentliche Innervationscentrum des Geruchsorgans (Fig. 302 *A*). Das Parietalganglion ist bei *Lungenschnecken*, *Cephalopoden* und *Muscheln* mit dem Visceralganglion verschmolzen (*B*, *C*); das Pleuralganglion zeigt in den genannten Gruppen ein wechselndes Verhalten; bei den *Muscheln* (*B*) ist es dem Cerebralganglion zugefügt und verstärkt mit seiner Pedalcommissur die Cerebropedalcommissur; bei *Lungenschnecken* und *Cephalopoden* (*C*) verschmilzt es dagegen ebenso wie das Parietalganglion mit dem Visceralganglion; seine Pedalcommissur bewirkt in Folge dessen eine bei anderen Mollusken fehlende Brücke zwischen Pedal- und Visceralganglien.

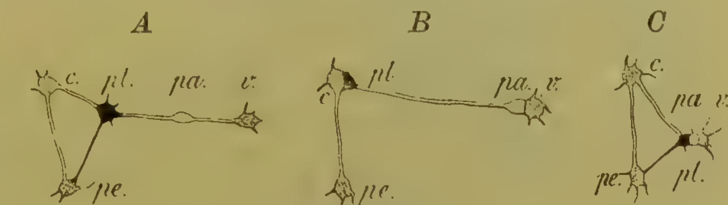


Fig. 302. Verschiedene Formen des Nervensystems bei Mollusken. *A* Mehrzahl der Cephalophoren, *B* Lamellibranchier, *C* Cephalopoden und Pulmonaten; *c* Hirnganglion, *pl* Pleural-, *pa* Parietal-, *v* Visceral-, *pe* Pedalganglion.

Blutgefässsystem.

Nächst dem Nervensystem ist für die Mollusken die Beschaffenheit des Herzens am meisten charakteristisch; dasselbe ist ein dorsales arterielles Herz mit Kammer und Vorkammer; die Kammer ist stets unpaar, die Vorkammer dagegen paarig, solange die Kiemen, von denen aus das Blut dem Herzen zuströmt, paarig sind, während bei unpaarer Beschaffenheit der Kiemen nur eine einzige Vorkammer vorhanden zu sein pflegt. Stets finden sich besondere Arterien und Venen; Capillaren kommen dagegen nur den *Cephalopoden* zu, während bei den niederen Mollusken, namentlich den *Muscheln*, die

leineren Arterien sich in lacunäre Bahnen öffnen, deren Gesammtheit früher Leibeshöhle genannt wurde. Ein vollkommen geschlossenes Blutgefässsystem scheint selbst bei den *Cephalopoden* nicht vorzukommen.

Niere, Leibeshöhle, Geschlechtsorgane.

Das Molluskenherz ist in einen geräumigen Herzbeutel eingeschlossen, welcher fast ausnahmslos durch einen flimmernden Canal, die Nierenspritze, mit der Niere in Verbindung steht und bei manchen Mollusken ausserdem auch mit der Geschlechtsdrüse zusammenhängt. Auf diese Thatsachen gründet sich die oben schon erwähnte Ansicht, dass bei den Mollusken Reste einer Leibeshöhle im Herzbeutel und im Lumen der Geschlechtsdrüse erhalten sind. Man erklärt nämlich die Beziehungen, welche zwischen Pericard einerseits, Geschlechtsorganen und Nieren andererseits bestehen, aus den Verhältnissen der Coelhelminthen, besonders aus denen der Anneliden, bei denen die Segmentalorgane durch Flimmertrichter in die Leibeshöhle münden und die Geschlechtsproducte aus dem Epithel der Leibeshöhle oder abgeschnürter Theile derselben entstehen. Wichtig für die Begründung der Ansicht ist ferner der Nachweis geworden, dass bei *Paludina vivipara* sich eine Leibeshöhle durch Divertikelbildung des Darms (Enterocoel) anlegt. — Nieren und Geschlechtsorgane sind bei einem Theil der Mollusken noch paarig, bei einem anderen sind sie durch einseitige Rückbildung unpaar geworden. Die Geschlechtsorgane sind bald hermaphrodit, bald gonochoristisch, stets aber ausserordentlich umfangreich. Noch mehr Raum beansprucht im Eingeweideknäuel der Verdauungstractus, welcher Oesophagus, Magen, einen gewundenen Enddarm und eine gewaltige Leber erkennen lässt.

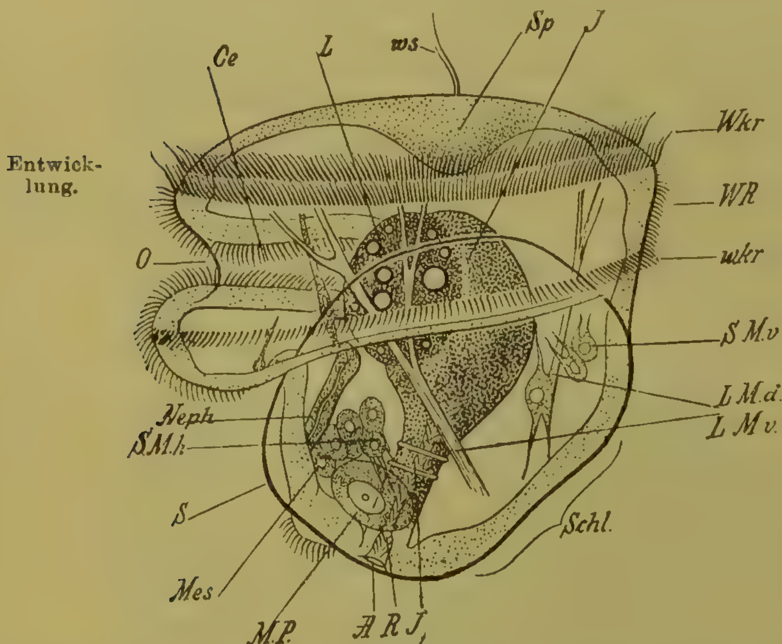


Fig. 303. Veligerlarve (Trochophora) von Teredo navalis (aus Hatschek) mit schon gebildeter zweiklappiger Schale (*S*). *Sch* Schlossrand der Schale, *SMv* vorderer, *SMh* hinterer Schliessmuskel, *Mes* Mesoderm, *L* Leber, *Wkr*, *WR*, *wkr* Wimperkranz, *Sp* Scheitelplattemit Wimperschopf *ws*, *O* Mund, *A* After, *Oe* Oesophagus, *J'* Darm, *R* Enddarm, *Neph* Niere, *LMd* u. *LMv* Längsmuskeln.

Entwicklung.

Die Fortpflanzung der Mollusken ist eine ausschliesslich geschlechtliche; weder Knospung noch Theilung noch Parthenogenesis sind je beobachtet worden. Die Eier werden meistens in grösseren Mengen vereinigt in Gallerten abgelegt und sind entweder selbst dotterreich oder mit nährenden Eiweisshüllen umgeben. Sehr verbreitet ist die Metamorphose: bei derselben schlüpft aus dem Ei die „Veligerlarve“ (Fig. 303), an welcher man Kopf, Fuss und Mantel auch dann unterscheiden kann, wenn das zugehörige Thier im ausgebildeten Zustand den einen oder den anderen Abschnitt vermissen lässt. Diese Beobachtung verdient besondere Beachtung, da sie lehrt, dass der Mangel des Kopfes oder des Mantels oder der Schale,

welchen wir bei grossen Gruppen der Mollusken vorfinden, kein ursprünglicher Zustand ist, sondern nur durch Rückbildung dieser Theile erklärt werden kann. Der Name Veliger bezieht sich auf das Velum, einen kräftigen Kranz von Wimpern, welcher ein vor der Mundöffnung gelegenes Feld, das Stirn- oder Velarfeld, umgrenzt, der Larve zur Fortbewegung dient und bei starker Entwicklung nicht selten ähnlich der Radscheibe eines Räderthiers gelappt ist. (Fig. 304.) Das Veligerstadium erinnert sehr an die Trochophora der Würmer, dient zur Verbreitung der Mollusken und ist daher für festsitzende oder wenig bewegliche Formen wie die *Muscheln* von grosser Bedeutung. Wenn die Metamorphose fehlt (*Cephalopoden*, *Pulmonaten* etc.), ist trotzdem das Veligerstadium häufig noch während der Embryonalentwicklung an einem rudimentären, ein präorales Feld umgrenzenden Zellenwulst zu erkennen.

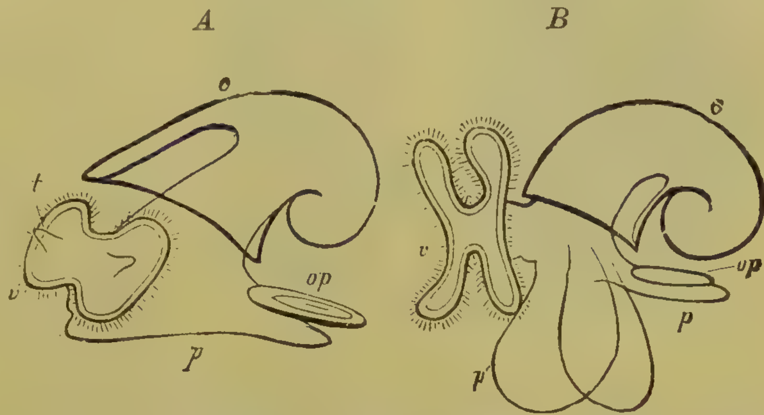


Fig. 304. Veligerstadien: *A* einer Schnecke, *B* eines Pteropoden (aus Gegenbaur). *s* Schale, *p* Fuss mit Operculum (*op*), *v* Velum, *t* Tentakeln.

Systematisch theilte man die Mollusken lange Zeit über in 3 Classen, 1. die *Muscheln*, *Lamellibranchier* oder *Acephalen*, 2. die *Schnecken*, *Gastropoden* oder *Cephalophoren*, 3. die *Tintenfische* oder *Cephalopoden*. Von den Schnecken hat man in der Neuzeit die Käferschnecken oder *Chitonen* abgetrennt und mit einigen höchst eigenthümlichen, wurmartigen Formen (*Chaetoderma*, *Neomenia*) unter dem Namen *Amphineuren* vereint. Da diese Thiere in vieler Hinsicht die ursprünglichsten Verhältnisse unter den Mollusken bewahrt haben, mögen sie an erster Stelle besprochen werden.

I. Classe.

Amphineuren, Urmollusken.

Die den Kern der Amphineuren bildenden *Chitoniden* oder Käferschnecken (Fig. 305) wurden früher zu den *Cephalophoren* gestellt, weil sie wie diese auf einem breiten sohligen Fuss kriechen und eine Radula besitzen; sie nahmen aber stets innerhalb der Klasse eine isolirte Stellung ein schon in ihrer äusseren Erscheinung vermöge der höchst rudimentären Beschaffenheit des Kopfes, der bilateral symmetrischen Gestalt ihres Körpers und des abweichenden Baues der Schale. Letztere besteht aus acht dachziegelförmig sich deckenden, beweglich mit einander verbundenen Platten, welche über dem Rücken quere Schienen bilden und durch ihre scharfe Abgrenzung an die Gliederung der Insecten (daher der deutsche Namen) erinnern. Schalenstücke und Mantel bilden links und rechts ein vorspringendes

Dach über den zahlreichen Kiemen, welche jederseits in einer Reihe hinter einander liegen.

Die Symmetrie des Körpers drückt sich auch in der Anordnung der Eingeweide aus. Der After mündet genau terminal; links und rechts von ihm liegen die paarigen Mündungen der Nieren und der gonochoristischen Geschlechtsorgane. Den paarigen Kiemen entsprechen endlich paarige Vorkammern des Herzens. Alles dies sind primitive Charakterzüge, welche die Chitoniden den hypothetischen Urformen des Molluskenstammes nähern, freilich sich in ähnlicher Weise auch bei den Muscheln vorfinden. Was nun aber den Thieren mehr als allen übrigen Mollusken das Gepräge grosser Ursprünglichkeit verleiht, ist der äusserst interessante Bau des Nervensystems. An Stelle von Ganglienknötchen finden wir lang ausgezogene Nervenstränge: ein Cerebralstrang bildet über dem Anfangsdarm einen durch eine ventrale Commissur geschlossenen Bügel, der nach rückwärts zwei Paar Nervenstränge aussendet. Das eine Paar repräsentirt die Pedalganglien, das andere Paar die Visceralganglien (sammt den Ganglien der Cerebrovisceralcommissuren, den Pleural- und Parietalganglien). Somit fehlt die bei allen übrigen Mollusken durchgeführte Sonderung des Centralnervensystems in Ganglienknötchen und Commissuren.

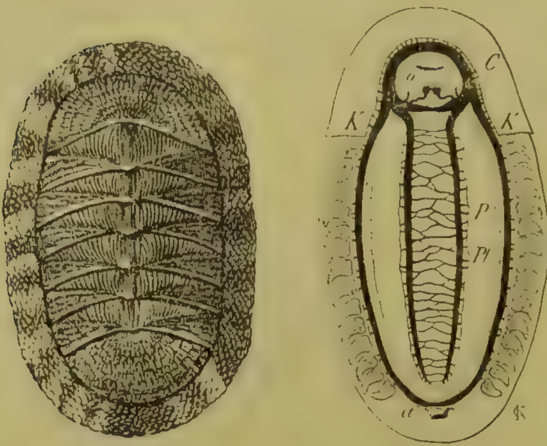


Fig. 305. Chiton squamosus, links ganzes Thier vom Rücken gesehen, rechts ein Thier mit präparirtem Nervensystem und Kiemen. *C* Hirn, *P* Pedalstrang, *Pl* Pleurovisceralstrang des Nervensystems, *K* Kiemen, *o* Mund, *a* After.

Wegen der Beschaffenheit der Schale nennt man die *Chitoniden* (*Chiton squamosus* L.) *Plakophoren;* man unterscheidet von ihnen andere Amphineuren als *Aplacophoren* oder *Solenogastres.* Bei letzteren fehlt die Schale ganz, die Kiemen und die Radula können ebenfalls gänzlich fehlen, der Fuss, der Mantel und die Kiemenhöhle sind rudimentär. Im Habitus gleichen die Thiere eher Würmern als Mollusken. *Chaetoderma nitidulum* Loven, *Neomenia carinata* Tullberg.

II. Classe.

Lamellibranchier, Acephalen, Muscheln.

Unter sämmtlichen Mollusken haben die Muscheln das geringste Maass von Ortsbewegung; viele sind ganz festgewachsen: die meisten kriechen; äusserst wenige vermögen sich springend mit Hilfe ihres Fusses oder schwimmend durch Zusammenschlagen der Schalen fortzubewegen. Mit dieser sitzenden Lebensweise hängt es zusammen, dass die Thiere ein viel grösseres Schutzbedürfniss haben als die übrigen

Mollusken und dem entsprechend auch eine viel kräftigere Schale ausscheiden, in welcher der Körper vollkommen geborgen liegt.

Die Schale einer Muschel erinnert an die eines Brachiopoden, indem sie aus 2 Stücken besteht; während aber die Stücke einer Brachiopodenschale auf der dorsalen und ventralen Seite des Körpers entstehen und als dorsale und ventrale unterschieden werden, sind die Schalenhälften einer Muschel symmetrisch zur Sagittalebene des Körpers links und rechts angeordnet und sind daher für gewöhnlich auch im Wesentlichen symmetrisch gebaut. Nur wenn das Thier mit der rechten oder linken Schale auf felsigem Grunde dauernd anwächst, entwickelt sich die betreffende Schale kräftiger und führt zu einer geringen Asymmetrie, an welcher auch der Weichkörper Antheil hat. Mantel und Schale.

Für das Verständniss des Baues der Schalen sind ihre Beziehungen zum Weichkörper, vor Allem zu den Mantellappen und den Muskeln von entscheidender Bedeutung, so dass man alle drei Theile nur im Zusammenhang besprechen kann. Die beiden Mantellappen, welche die Schalen ausscheiden, nehmen ihren Ausgangspunkt vom Rücken der Muschel (Fig. 313) und wachsen von da nach abwärts, vorn und hinten, so dass sie das Thier vollkommen umhüllen. In der Nachbarschaft des Rückens findet sich daher auch der älteste Theil der Schale, zugleich auch der am stärksten gewölbte, der Schalennabel oder Umbo (Fig. 306); um denselben ordnen sich annähernd concentrisch

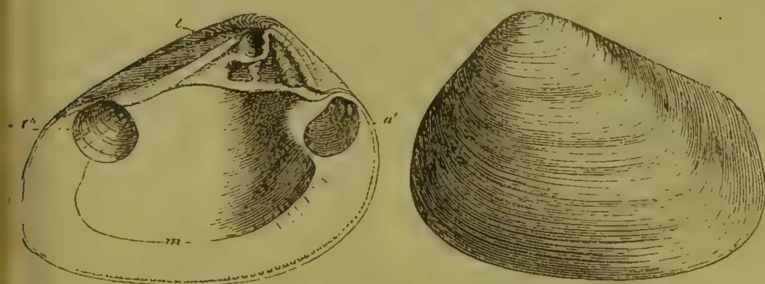


Fig. 306. Linke Schale von Crassatella plumbea (aus Zittel) von innen und von aussen, letztere Ansicht mit Anwachsstreifen. (Mantellinie ohne Ausbuchtung.)

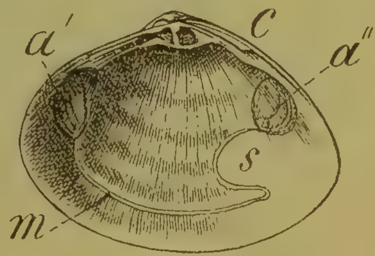


Fig. 307. Rechte Schale von Mactra stultorum (aus Leunis-Ludwig) von innen (Mantellinie mit Ausbuchtung).

Für beide Figuren gelten folgende Bezeichnungen: *a'* vorderer, *a"* hinterer Adductoreneindruck, *m* Mantellinie, *s* sinuöse Einbuchtung derselben, *c* Schloss, *l* innere Bandgrube.

die Anwachsstreifen an, die Linien, welche zeigen, wie allmählig beim Wachsthum der Mantellappen auch die Schale eine Vergrösserung erfahren hat. Am Rücken sind die beiden Schalen einander am meisten genähert und mit seltenen Ausnahmen durch das „Schloss" verbunden. Ein Schloss entsteht, indem Vorragungen der einen Schale, die Schlosszähne, charnierartig in Vertiefungen der anderen Schale eingreifen.

Bei den Brachiopoden war Oeffnen und Schliessen der Schale ein activer, durch Muskeln vermittelter Vorgang. Bei den Lamellibranchiern wird das Oeffnen der Schale passiv durch ein dorsal und hinter dem Schloss angebrachtes elastisches Band besorgt; der Verschluss der Schalen wird dagegen durch Muskeln, die Adductoren, bewirkt, welche entweder in Ein- oder in Zweizahl (vorderer und hinterer Adductor) quer durch den Muschelkörper von Schale zu Schale ziehen. Wenn sie erschlaffen oder gar absterben, so müssen die Schalen unter dem Einfluss des elastischen Bandes klaffen, was demgemäss bei todten

Thieren stets zutrifft. Da die Adductoren an den Innenflächen der Schale fest haften, verursachen sie hier Eindrücke, welche erhalten bleiben, auch wenn das Thier verwest ist, und selbst bei fossilen Muscheln noch einen sicheren Rückschluss auf Zahl und Beschaffenheit der Schliessmuskeln gestatten. (Fig. 306, 307.)

Eine besondere Zeichnung auf der Innenseite der Schale wird noch durch die Beziehungen zur Manteloberfläche herbeigeführt. Da am Mantelrand die Ausscheidung der Schale am lebhaftesten vor sich geht, hängen beide Theile hier fester zusammen: so entsteht ein Randbezirk, welcher ein anderes Aussehen als der Rest der Schale hat und gegen diesen durch eine dem Schalenrand parallele Linie, die Mantellinie, abgegrenzt ist (Fig. 306.) Bei vielen Muscheln, den Sinupalliaten, zeigt die Mantellinie eine Einbuchtung am hinteren Ende (Fig. 307 s), indem der Bezirk inniger Verwachsung sich auf Kosten des übrigen Theils der Schalenoberfläche vergrössert. Auch dazu geben gewisse Structuren des Mantels Veranlassung, die wir daher zunächst betrachten müssen. Ihrer Entstehung nach müssen die beiden Mantelfalten Membranen mit freien, ventralen Rändern sein, welche bei geschlossener Schale fest gegen einander gepresst werden. Damit nun auch dann noch das Wasser ungehindert aus- und einströmen kann, besitzt jede Mantelhälfte am hinteren Ende zwei Ausbuchtungen, eine obere und eine untere, welche den Ausbuchtungen der anderen Seite genau entsprechen und bei geschlossener Schale mit ihnen sich zur Bildung von zwei Oeffnungen zusammenlegen. (Fig. 308.) Die obere Oeffnung (*a*) ist die Cloakenöffnung, da sie zur Entleerung der Fäcalien und des gebrauchten Athemwassers dient, die untere (*b*), welche das Einfliessen des frischen Athemwassers vermittelt, ist die Branchialöffnung.

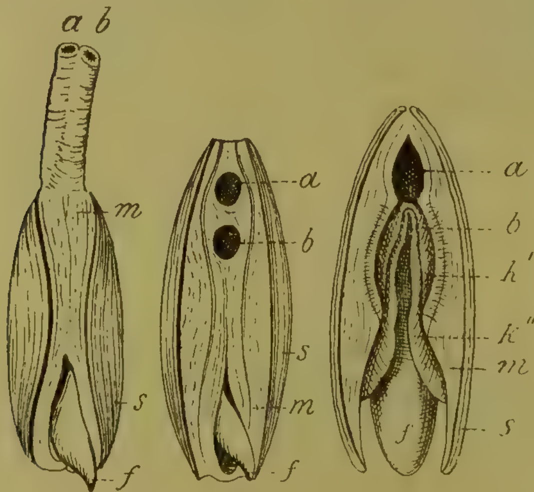


Fig. 308—310. Siphonier und Asiphonier von rückwärts gesehen. Fig. 308. Anodonta cygnea. Fig. 309. Isocardia cor. Fig. 310. Lutraria elliptica. *a* Aftersipho, *b* Branchialsipho, *k′* äusseres, *k″* inneres Kiemenblatt, *m* Mantel, *s* Schale, *f* Fuss.

Bei vielen Muscheln verwachsen die beiden Mantellappen mit ihren freien Rändern in der ventralen Mittellinie unter einander bis auf drei Oeffnungen, welche ausgespart bleiben: einen Schlitz für den Durchtritt des Fusses und die beiden schon erwähnten Oeffnungen, welche man Branchial- und Aftersipho nennt. (Fig. 309.) Eine weitere Vervollkommnung dieser Einrichtung wird dadurch herbeigeführt, dass die Umrandung beider Siphonen sich zu langen Röhren, den Siphonalröhren, verlängert, welche durch besondere Muskeln zurückgezogen und wieder in die Länge gestreckt werden können. (Fig. 310.) Die Rückziehmuskeln der Siphonalröhren sind die Ursache der Einbuchtung der Mantellinie, indem sie ihren Ursprung von der inneren Schalenwand nehmen und so Veran-

lassung werden, dass der Randbezirk der engeren Vereinigung von Mantel und Schale sich nach einwärts vergrössert. (Fig. 307.)

Dünnschliffe durch die Schale (Fig. 311) lassen an derselben drei Lagen erkennen, zu äusserst die Cuticula, eine nur aus organischer Masse bestehende Schicht, darunter zwei weitere Lagen, die im Wesentlichen aus kohlensaurem Kalk bestehen, von denen die äussere die Prismenschicht, die innere die Perlmutterschicht heisst. Die Prismenschicht hat ihren Namen von kleinen, zur Oberfläche senkrechten vielkantigen Prismen, die wie Pflastersteine dicht zusammengefügt sind; die Perlmutterschicht dagegen zeigt dünne Lamellen, welche im Grossen und Ganzen der Oberfläche parallel geschichtet sind und um so schöner irisiren, je feiner sie beschaffen sind. Namentlich bei der technisch verwerthbaren Perlmuttersubstanz, welche von zwei Arten, der *Meleagrina* und der *Margaritana margaritifera*, stammt, sind die einzelnen Lagen von ausserordentlicher Feinheit. Wenn zwischen die Schale und die mit der Schalenbildung betraute Oberfläche des Mantels Fremdkörper gerathen, so reizen sie das Epithel zu stärkerer Ausscheidung von Perlmuttersubstanz und werden daher von zahlreichen Schichten derselben umhüllt und abgekapselt. Auf diese Weise entsteht eine Perle; Perlen sind somit krankhafte Producte, deren Bildung künstlich durch Einführen von Fremdkörpern veranlasst werden kann.

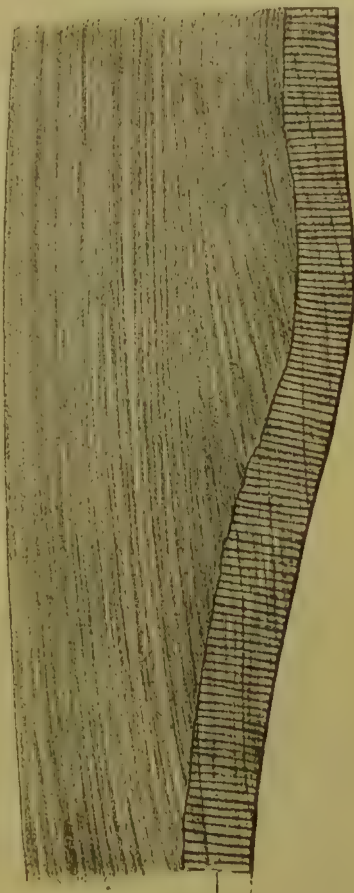


Fig. 311. Schliff durch die Schale von Anodonta. *l* Perlmutterschicht, *p* Prismenschicht, *c* Cuticula.

Kiemen.

Zwischen den Mantellappen und der Körperoberfläche liegen die Kiemen, deren lamellöse Gestalt den Namen Lamellibranchier veranlasst hat (Fig. 312, 313.) Auf jeder Seite des Körpers sind zwei Kiemenblätter vorhanden, von denen ein jedes wiederum aus zwei dünnen, am freien Rand in einander übergehenden Lamellen besteht. Da die beiden Lamellen eines Kiemenblattes nicht fest auf einander schliessen, sondern nur von Strecke zu Strecke durch Verwachsungsbrücken verbunden sind, so kommt ein Binnenraum zu Stande, der vielfach bei weiblichen Muscheln benutzt wird, um längere Zeit die junge, schutzbedürftige Brut zu bergen. In den Binnenraum leiten die Kiemenspalten hinein, ovale, von Flimmerepithel ausgekleidete, in regelmässigen Quer- und Längsreihen gestellte Oeffnungen. Im Kiemengerüst zwischen den Spalten circulirt das Blut und finden sich die zur Stütze dienenden Kiemenstäbchen. Indem zumeist die Kiemen der linken und rechten Seite hinter dem Körper der Muschel verwachsen, erzeugen sie eine Scheidewand, welche den Mantelraum in eine kleine obere und eine geräumige untere Etage theilt. (Fig. 312.) Erstere ist die Cloake, da in sie der After mündet und aus ihr der After-

sipho ableitet; letztere ist die Athemhöhle, da ihr durch den Branchialsipho das Athemwasser zugeführt wird.

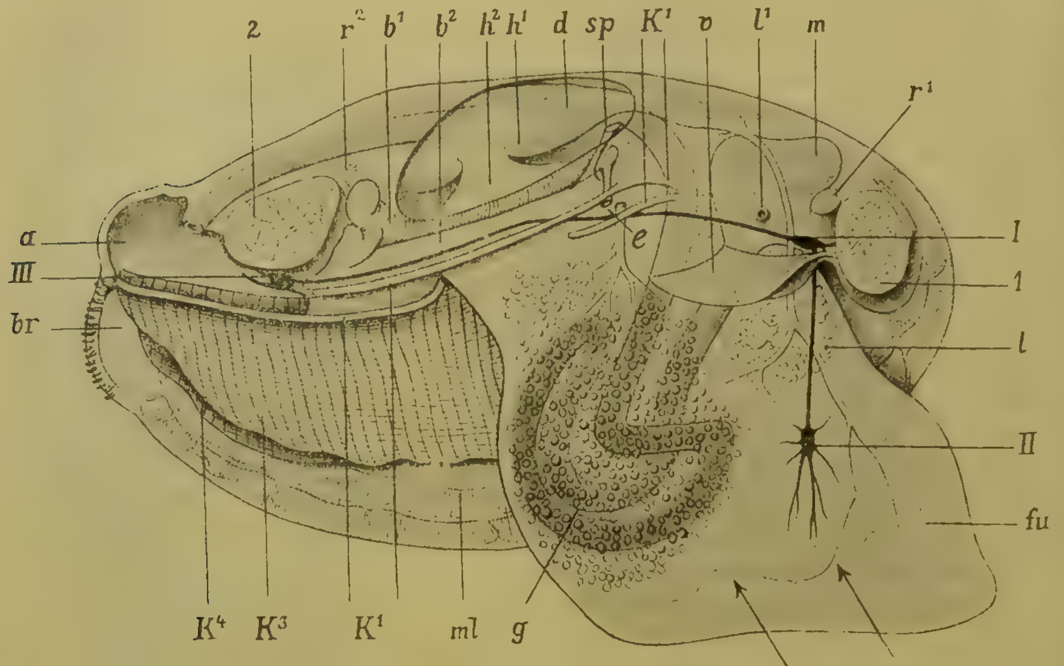


Fig. 312. Bau der Teichmuschel, Mantel und Kiemen der rechten Seite abgetragen, Pericard geöffnet, Leber der rechten Seite entfernt gedacht; Eingeweide und Nervensystem etwas schematisch eingezeichnet. *1* vorderer, *2* hinterer Adductor, *I* Cerebral-, *II* Pedal-, *III* Visceralganglion. *a* Aftersipho, *br* Branchialsipho, b^1 oberer, b^2 unterer Schenkel des Bojanus'schen Organs, *e* Mündung desselben nach aussen, daneben Mündung des Geschlechtsapparats, *sp* Nierenspitze (Communication der Niere mit dem Pericard), *d* Darm, welcher das Herz durchbohrt, h^1 Kammer, h^2 Vorkammer des Herzens, *g* Geschlechtsdrüse, *l* linke Leber, l^1 Mündung der rechten Leber, *m* Magen, *fu* Fuss, *ml* Mantellinie, r^1 vorderer, r^2 hinterer Retractor, K^4 Insertionen der beiden Lamellen des inneren rechten Kiemenblatts, K^3 innere linke, K^1 äussere linke Kieme, *v* Mundsegel.

Die hier gegebene Schilderung der Kiemen passt für die meisten, aber nicht für alle Muscheln; nicht selten finden wir die Kiemenblätter nach der Zahl der Kiemenstäbchen in Fäden zerschlitzt, welche locker zu Blättern zusammenschliessen, indem die Flimmerhaare des Epithels in einander greifen und einen leicht lösbaren Zusammenhalt erzeugen. Auch kann eine der beiden Kiemen gänzlich rückgebildet sein.

Einwärts und nach vorn von den Kiemen liegen zwei Paar Lappen, welche ebenfalls mit Flimmerepithel bedeckt sind, die Mundöffnung umfassen und die Mundsegel heissen.

Fuss und Byssusdrüse.

Der vollkommene Einschluss des Körpers in Mantellappen und Schalen hat bei den Muscheln zu einer gänzlichen Rückbildung des Kopfes und seiner Anhänge geführt; man kann daher am Körper nur noch zwei weitere Abschnitte unterscheiden, dorsal den Eingeweideknäuel, ventral den Fuss. Der Fuss, welcher bei manchen Arten ebenfalls gänzlich rückgebildet wird, ist eine keilförmige Muskelmasse, welche enorm anschwellen und dann wieder zusammenschrumpfen kann. Vielfach erklärte man das Anschwellen des Fusses durch Aufnahme von Wasser in das Blut; jetzt wird allgemein angenommen, dass das Anschwellen des Fusses damit zusammenhängt, dass Blut aus anderen Körperprovinzen in ihn hineingepresst wird. Kann der Fuss durch seine verschie-

dene Anfüllung mit Blut zum Kriechen dienen, so besitzt er bei vielen Muscheln ausserdem noch die besondere Bedeutung eines Haftorgans; in ihm liegt dann eine ansehnliche Drüse, welche seidenartige Fäden, den Byssus, zu erzeugen vermag (Fig. 314); ein fingerförmiger Fortsatz des Fusses dient zum Anheften der Fäden, deren eines Ende mit dem Fuss in Zusammenhang bleibt. Muscheln, welche eine Byssusdrüse besitzen, findet man mittelst eines dicken Busches von Byssusfäden an Steinen, Pfählen etc. fest verankert.

Herz. Im Eingeweideknäuel liegt am meisten dorsal das ansehnliche, vom Pericard umhüllte Herz,

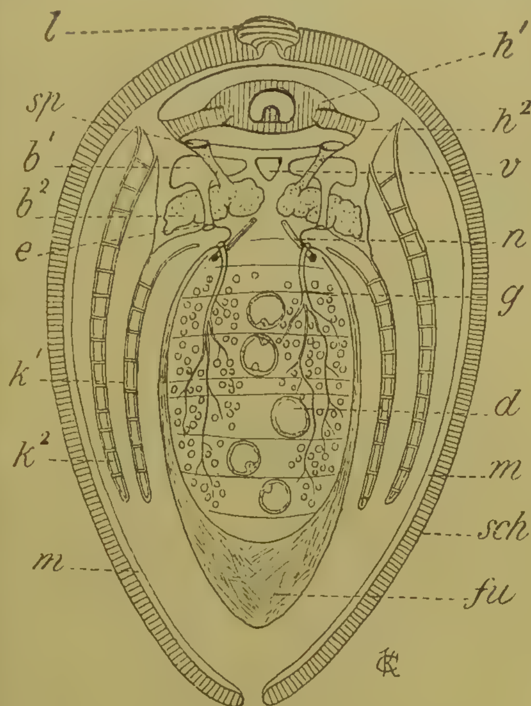


Fig. 313. Die Figur giebt in schematischer Weise 2 auf eine Ebene projicirte Querschnitte wieder, deren Lage durch die Pfeile der Figur 312 bezeichnet wird. *l* Schalenband, *sch* Schale, *m* Mantel, b^1 oberer, b^2 unterer Schenkel des Bojanus'schen Organs, *sp* Nierenspritze, *e* Mündung der Niere nach aussen, daneben die Geschlechtsöffnung, *g* Geschlechtsorgane, h^1 Herzkammer, den Enddarm umschliessend, h^2 Vorkammer, *d* Darm, k^1 innere, k^2 äussere Kieme, *n* Cerebrovisceralcommissur, *v* Venensinus *fu* Fuss.

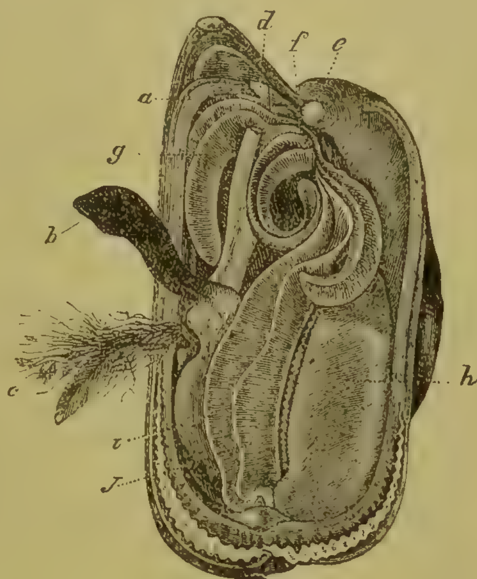


Fig. 314. Mytilus edulis (aus Blanchard). *a* Mantelrand, *b* Spinnfinger des Fusses, *c* Byssus, *d*, *e* Retractoren des Fusses, *f* Mund, *g* Mundlappen, *h* Mantel, *i* innere, *j* äussere Kieme.

eine Kammer mit einer linken und rechten flügelförmigen Vorkammer (Fig. 312, 313 h^1 u. h^2). Die Vorkammern empfangen das Blut direct von den Kiemen, die Kammer leitet es weiter durch eine vordere und hintere Aorta an die Körperprovinz. (Fig. 312.)

Bojanus-sche Organe. Dicht unter dem Herzbeutel stösst man bei der Präparation auf die Nieren oder die Bojanus'schen Organe. Die Organe der linken und rechten Seite treffen in der Mittellinie zusammen und können mit ihren Ausfuhrwegen sogar eine Strecke weit verwachsen sein. Jede Niere besteht aus einem oberen glattwandigen und einem unteren, von Balkenwerk durchzogenen Hohlraum, welche beide am hinteren Ende in einander übergehen, sonst aber durch eine dünne Scheidewand von einander getrennt bleiben. Der untere Hohlraum, die Bojanus'sche Höhle im engeren Sinne, hängt an seinem vorderen, sonst blind geschlossenen Ende durch einen flimmernden Canal, die Nierenspritze, mit dem Herzbeutel zusammen; der obere Hohlraum dagegen, die

„Vorhöhle“, mündet durch einen kurzen Canal, den Ureter, zwischen Körperwand und innerem Kiemenblatt nach aussen. Eine Communication führt somit vom Herzbeutel in die Bojanus'sche Höhle, von hier in die Bojanus'sche Vorhöhle und schliesslich durch den Ureter in die Mantelhöhle. Diesen Weg benutzen öfters die Geschlechtsproducte, indem Hoden und Ovarien, sei es in den Herzbeutel, sei es in die Niere münden. Doch gilt im Allgemeinen die Regel, dass eine selbständige Geschlechtsöffnung neben dem Nierenporus lagert (Fig. 312, 313). Hoden und Ovarien der meist gonochoristischen Thiere sind acinöse Drüsen mit einfachem Ausfuhrweg ohne weitere Hilfsorgane. — Der Darm beginnt mit einem kurzen Oesophagus, erweitert sich zu einem ansehnlichen Magen und behält dann nach abermaliger Verengerung bis zum After den gleichen Durchmesser bei; er bildet viele durch einander geschlungene Windungen; der Endabschnitt tritt merkwürdiger Weise von vorn und unten in den Herzbeutel ein und durchbohrt die Herzkammer, um schliesslich dorsal und rückwärts aus dem Pericard auszutreten und in die Cloake zu münden. In seinem Verlauf ist der Darm, abgesehen von den Geschlechtsdrüsen, noch von den Lappen einer ansehnlichen Leber umhüllt, deren Secret durch je einen Ausführweg von links und rechts in den Magen entleert wird.

Darm.

Nervensystem.

Die drei Molluskenganglien sind ungewöhnlich weit von einander entfernt. Die beiden Hirnganglien (Cerebro-Pleural-Ganglien) liegen beiderseits der Mundöffnung dicht unter dem vorderen Ende der Mundlappen und sind durch eine lange Quercommissur, die dorsal die Mundhöhle umgreift, verbunden; da Kopfaugen und Tentakeln fehlen, sind sie auffallend klein. In geringer Entfernung vom After findet man die beiderseitigen Visceralganglien (Parieto-Visceralganglien) zu einem einheitlichen Körper vereint; um zu ihnen zu gelangen, müssen die Cerebrovisceralcommissuren den weiten Weg längs dem Bojanus'schen Organ zurücklegen. Auch die Pedalganglien der linken und rechten Seite sind dicht an einander gefügt; da sie ziemlich weit vorn auf der Muskelmasse des Fusses ruhen, sind ihre Commissuren zum Hirn kürzer als die Visceralcommissuren.

Von höheren Sinnesorganen sind constant nur die Hörbläschen, welche auf den Pedalganglien dicht aufliegen; als Sinnesorgane sind dann ferner noch die nervenreichen Mundlappen anzusehen und zwei kleine Epithelanschwellungen an der Basis der Kiemen (Geruchsorgane). Wenn Augen vorkommen, so sind sie, wie bei den Pectenarten, in grosser Zahl wie Perlen am Mantelrand aufgereiht und somit vollkommen andere Bildungen als die Kopfaugen der Mollusken. Kleine Tentakelchen, welche ausser den Augen am Mantelrand besonders in der Gegend des Branchialsiphos vorkommen, zeigen, dass auch sonst der Mantelrand als Sinnesorgan verwandt wird.

Während der Entwicklung beobachtet man sehr häufig das zur Ausbreitung dienende Veligerstadium (Fig. 303); aber auch wenn dasselbe fehlt, kann die Entwicklung den Charakter der Metamorphose annehmen, wie z. B. bei unseren Anodonten. Die junge Brut unserer Teichmuscheln, die in den mütterlichen Kiemen aufwachsenden Glochidien, unterscheidet sich vom Mutterthier durch die Anwesenheit der Byssusfäden; ferner ist anstatt 2 Adductoren nur ein einziger vorhanden: endlich hat der freie Schalenrand jederseits einen Haken, mit denen sich die jungen Thiere an vorbeischwimmenden Fischen festhaken. (Fig. 315.) Sie erreichen die Fische, indem sie, wie manche andere Muscheln es ebenfalls

thun, durch Zusammenklappen der Schale schwimmen; in der Fischhaut erzeugen sie einen Entzündungsherd, in dessen Innerem sie heranwachsen und unter Erneuerung der Schale und der Schliessmuskeln die definitive Gestalt annehmen. Nach beendigter Metamorphose fallen die jungen Muscheln ab, um im Schlamm halb vergraben weiter zu leben.

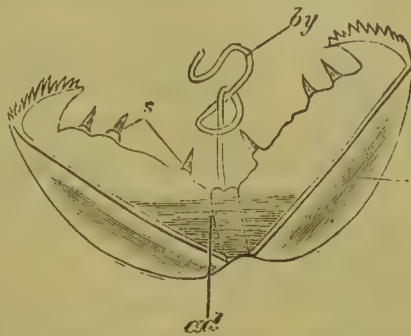


Fig. 315. Glochidium von Anodonta (aus Balfour). *by* Byssus, *s* Sinneshaare, *ad* Adductor, *sh* Schale.

Bei der Systematik der Muscheln wurden mit Rücksicht auf die grosse Rolle, welche die Schalen in der Paläontologie und Geologie spielen, vornehmlich die Merkmale berücksichtigt, welche erkennbare Zeichen an der Schale hinterlassen; das sind die Beschaffenheit des Mantelrandes und der Adductoren; in der Neuzeit ist auch die Beschaffenheit des Schlosses und der Kiemen benutzt worden; wir wollen hier der älteren Eintheilung folgen.

I. Ordnung. Asiphonier.

Die Asiphonier sind Muscheln, bei denen die Mantelfalten der linken und rechten Seite nicht mit einander verwachsen sind, so dass sich zwar am hinteren Ende Ausbuchtungen des Mantelrandes, aber noch keine Siphonen vorfinden. Je nachdem ein grosser oder zwei kleinere Adductoren vorhanden sind, unterscheidet man *Mono-* und *Dimyarier;* eine Uebergangsgruppe stellen die *Heteromyarier* dar, indem bei ihnen einer der Adductoren an Stärke bei Weitem überwiegt, der zweite dagegen rudimentär ist.

I. Unterordnung. *Monomyarier* sind die *Ostreiden* oder Austern, Muscheln, welche mit der linken, seltener mit der rechten Schalenklappe am Meeresgrund festgewachsen sind (Austernbänke): *Ostrea edulis* L. zuweilen giftig. Ferner gehören hierher die *Pectiniden*, deren kammförmig geriefte Schalen vielfach an Stelle von Tellern benutzt werden, deren Mantelrand reichlich mit Tentakeln und smaragdgrünen Augen besetzt ist. *Pecten Jacobaeus* L.

II. Unterordnung. *Heteromyarier: Mytiliden,* Muscheln mit starkem Byssus und herzförmiger, nach dem vorderen Ende zu einer Spitze ausgezogener Schale: *Pinna nobilis* L., über einen Fuss gross, Byssus lang und seidenartig, zu Gespinnsten verwerthbar. *Mytilus edulis* L., Miessmuschel (Fig. 314), eine etwa 1—2 Zoll lange, schwarzblaue Muschel, die sich in Massen im Meer an Pfählen und Mauerwerk der Hafenbauten ansiedelt; wegen ihres Wohlgeschmacks vielerorts (besonders in Tarent) cultivirt; zeitweilig wie die Auster giftig. *Dreyssena polymorpha* Pall., ähnlich der Mytilus, lebt im Brakwasser und dringt in das Süsswasser vor; aus ihrer Heimath (caspisches Meer, schwarzes Meer) in die Flüsse Russlands verschleppt, fängt sie seit einiger Zeit an, sich vom Norden áus auch in Deutschland zu verbreiten. *Lithodomus dactylus* L., essbar, bohrt Steine an; am bekanntesten sind die Bohrlöcher am Serapistempel (in der Neuzeit als Fischbehälter gedeutet) von Puzzuoli. — Eine zweite Familie, die *Aviculiden*, hat ihren Namen von den flügelartigen Fortsätzen, welche den Schlossrand einnehmen. Am bekanntesten ist *Meleagrina margaritifera* L., die echte Perlmuschel des indischen und stillen Oceans, auch in Westindien

heimisch: die Perlmutterschicht besonders fein structurirt und ansehnlich dick, vielfach zu Schmuckgegenständen verwandt, liefert allein die feinen, theuren Perlen.

III. Unterordnung. *Dimyarier.* Die hierher gehörige Familie der *Najaden* ist in Hunderten von Arten im Süsswasser verbreitet. Die europäischen Formen vertheilen sich auf die Gattungen *Anodonta* und *Unio.* Die *Anodonten* oder Teichmuscheln haben dünne Schalen ohne Schlosszähne; die *Unionen* dagegen besitzen eine dicke Perlmutterlage und ansehnlich entwickelte Schlosszähne. Am schönsten ist die Perlmutterschicht bei *Unio* (*Margaritana*) *margaritifera* L., welche zur Perlmutterfabrikation verwandt wird und die minderwerthigen deutschen Perlen liefert: das Thier lebt in den Bächen des Fichtelgebirges, wo früher die Perlenfischerei gewerbsmässig betrieben wurde.

II. Ordnung. Siphoniaten.



Fig. 316. Teredo navalis. *A* Das Thier in der geöffneten Kalkröhre mit herausgezogenen Siphonen. *B* einige Zähne der Kopfplatte stark vergrössert. *a* Aftersipho, *b* Branchialsipho, *k* Kopfplatten (Schale), *r* Röhre.

Die Siphoniaten haben wie die Dimyarier zwei Adductoren; dagegen ist ihr Mantelrand verwachsen, so dass meist nur drei Oeffnungen übrig bleiben: ein Schlitz für den Durchtritt des Fusses, der Branchialsipho und der Aftersipho. Solange die Siphonalöffnungen im Niveau des übrigen Mantelrands verbleiben, haben sie keinen Einfluss auf die Beschaffenheit der Schale und deren Mantellinie: *Integripalliaten;* wenn sie sich dagegen zu ansehnlichen Siphonalröhren verlängern, werden Muskeln nöthig, welche das Zurückziehen besorgen; dann erhält die Schale einen Abdruck der Retractoren und die Mantellinie eine sinuöse Einbuchtung: *Sinupalliaten.*

I. Unterordnung. *Integripalliat* sind die *Tridacniden,* zu denen die grösste Muschel, die *Tridacna gigas* Lam. gehört, deren Schalen über 4 Fuss gross und 3 Ctr. schwer werden können. Eine weitere marine Familie sind die *Cardiden,* Herzmuscheln: *Cardium edule* L. Im Süsswasser sind die *Cycladiden* verbreitet, kleine, erbsengrosse Muscheln, die sich von jungen Najaden durch ihre dünnen Schalen und die daraus hervortretenden, zarten Siphonen unterscheiden. *Cyclas cornea* L. *Pisidium amnicum* Müll. Ferner reihen sich hier an die ausgestorbenen, der Kreide angehörigen *Rudisten,* deren rechte Schale festgewachsen und zu einem thurmartigen Kegel verdickt war, trotzdem aber nur einen sehr kleinen Binnenraum enthielt, welcher von der linken deckelartigen Schale geschlossen wurde.

II. Unterordnung. *Sinupalliaten.* Typische Repräsentanten sind die von der schönen Färbung ihrer Schalen ihren Namen führenden *Veneriden* und die *Telliniden* mit ovaler, flach gewölbter Schale: *Venus paphia* L. und *Tellina baltica* L. — Bei vielen Sinupalliaten werden die Siphonen so lang und kräftig, dass sie in die relativ kleinen, an beiden Enden stets klaffenden Schalen nicht zurückgezogen werden können: *Myiden,* Klaffmuscheln, und *Soleniden* Messermuscheln (*Solen vagina* L.). — Das leitet uns über

zu Muscheln, deren vereinigte Siphonen den übrigen Körper bei Weitem an Ausdehnung übertreffen, so dass die Thiere die Gestalt von Würmern annehmen (Fig. 316). — Da die beiden Schalenklappen nicht ausreichen, den Körper zu bedecken, so werden sie in verschiedenem Grade rudimentär und können durch accessorische Stücke ergänzt werden, oder der wurmförmige Körper erzeugt eine Kalkröhre, ähnlich der Röhre eines Röhrenwurmes, in welcher die Schalenrudimente noch eingeschlossen sind. *Pholadiden*, Bohrmuscheln genannt, weil sie in Holz und Stein ihre Gänge bauen. *Pholas dactylus* L. mit ansehnlichen Resten der Muschelschale und grossen accessorischen Schalenstücken, vermag im härtesten Stein zu bohren. *Teredo navalis* L., Schiffsbohrwurm (Fig. 316), sieht wie ein weichhäutiger Wurm aus, da sowohl die Muschelschale als auch die accessorischen Stücke äusserst klein sind; er bohrt im Holz Gänge, die er mit Kalk auskleidet; dadurch wird er Schiffen, sofern sie nicht mit Kupferplatten bedeckt sind, und hölzernen Hafen- und Dammbauten gefährlich; er war Ursache von den grossen holländischen Dammbrüchen, die sich in vorigem und diesem Jahrhundert mehrfach wiederholt und grosse Opfer an Menschenleben gefordert haben. Bei den *Gastrochaeniden*, Giesskannenmuscheln, endlich steckt der Weichkörper in einer nahe dem hinteren Ende verbreiterten Röhre, in welcher die beiden Schalenklappen noch deutlich zu erkennen sind; das schmale Ende der Röhre ist offen, das breitere durch eine durchlöcherte, an eine Giesskannenbrause erinnernde Platte geschlossen. (Fig. 317.) *Aspergillum vaginiferum* Lam.



Fig. 317. Röhre von Aspergillum vaginiferum, *a* Muschelschale (aus Ludwig Leunis).

III. Classe.

Cephalophoren, Gastropoden, Schnecken.

Die Cephalophoren bilden die umfangreichste Gruppe unter den Mollusken, welche daher auch einer einheitlichen Charakteristik die meisten Schwierigkeiten bereitet. Unsere Landschnecken und die vorwiegend marinen Prosobranchier und Opisthobranchier zeigen das Wesen der Classe am vollkommensten ausgeprägt und müssen daher bei der Schilderung zu Grunde gelegt werden; bei anderen Formen wie den Fissurellen etc. sind die Merkmale gleichsam in Entwicklung begriffen; bei den Heteropoden und Pteropoden und, wenn man die Thiere überhaupt zu den Cephalophoren rechnen will, den Scaphopoden dagegen sind sie schon wieder verwischt und modificirt.

Bei typischen Schnecken (cfr. Fig. 300) finden wir einen musculösen Fuss, einen Eingeweidesack, einen unpaaren Mantel mit Schale und einen deutlich abgesetzten Kopf. **Kopf, Fuss, Mantel.**

Die Muskelmasse des Fusses ist auf der ventralen Seite zu einer Sohle abgeplattet, auf welcher die Thiere kriechen. Man unterscheidet an ihm zwei nach vorn und hinten davon ausgehende Fortsätze, Propodium und Metapodium; auch ist in ihm öfters eine besondere Drüse, die Fussdrüse, eingeschlossen.

Der Kopf ist mit Ausnahme weniger Formen durch die Anwesenheit der Fühler ausgezeichnet; dieselben sind musculöse Fortsätze, an

deren Basis die Augen liegen. Bei unseren Landschnecken ist dies Verhältniss in zwei Punkten modificirt: erstens werden die Fühler rückziehbar, zweitens erhebt sich die Umgebung der Augen und wächst zu den Augenstielen oder den hinteren längeren Fühlern aus, welche bei den marinen Schnecken nur selten vorkommen. Die Augenfühler sind Schläuche, in deren Inneres ein aus dem Fuss abzweigender bis zur Spitze verlaufender Rückziehmuskel eindringt; durch die Contractionen des Muskels werden sie wie Handschuhfinger eingestülpt und in das Körperinnere zurückgezogen, so dass man dann ihr äusserstes Ende und das daselbst angebrachte Auge mitten unter den Eingeweiden antrifft. Eine Ausstülpung der Fühler wird herbeigeführt, indem ihr Inneres durch Contraction der Körpermuskeln mit Blut ausgespritzt wird.

Die Mantelfalte beginnt auf dem Rücken der Schnecke und schlägt sich von hier nach vorn über den Rumpf bis in die Gegend, wo der Kopf beginnt. Sie überdeckt die Mantel- oder Athemhöhle, einen ansehnlichen Raum, welcher unter dem Mantelrand durch einen mehr oder minder weiten Spalt nach aussen klafft. Der Spalt kann eingeengt werden, indem die Mantelfalte in einiger Entfernung von ihrem freien Rande mit dem Rückenintegument verwächst, bis schliesslich von der weiten Communication nur ein kleines durch einen Muskel vollkommen verschliessbares Athemloch, das Spiraculum, übrig bleibt. Eine weitere für das Verständniss der Schale wichtige Bildung ist der Sipho, ein lang ausgezogener, auf seiner unteren Seite rinnenförmig ausgehöhlter Fortsatz des Mantelrandes, der zum Einleiten des Athemwassers dient.

Der Eingeweidesack der Schnecken gewinnt in Folge der starken Ausbildung der Geschlechtsorgane und der Leber eine bedeutende Ausdehnung. Eine Vergrösserung nach abwärts wird durch die feste Muskelmasse des Fusses unmöglich gemacht, und so drängen die Organe gegen den Rücken und buchten die Ursprungsstelle der Mantelfalte, den Ort des geringsten Widerstandes, bruchsackartig aus; manche Organe können dabei sogar in die Decke der Mantelhöhle hineingerathen, wie Niere und Herz. Ist der Eingeweidebruchsack, was zumeist zutrifft, enorm entwickelt, so bildet er keinen gerade aufsteigenden Höcker, sondern rollt sich von links nach rechts spiralig ein. Je älter das Thier ist, um so mehr Spiralumgänge müssen gebildet werden und um so ausgedehnter müssen die zuletzt entstandenen Umgänge sein. Der Eingeweideknäuel beginnt daher an der Spitze mit engen Windungen, welche nach abwärts immer ansehnlicher werden.

Schale. Nach dem Vorstehenden ist die Beschaffenheit der Schneckenschale leicht verständlich; als ein Ausscheidungsproduct des Mantels wird sie in ihrer Gestalt von der Form, die der Mantel unter dem Einfluss des Eingeweideknäuels annimmt, vollkommen bestimmt. Bei geringer Ausbildung des Eingeweideknäuels hat die Schale die Gestalt eines chinesischen Hütchens (*Patella*) (Fig. 318), oder einer nur an der Spitze ein wenig spiral eingerollten flachen Mütze (*Haliotis*) (Fig. 319). Ist der Eingeweideknäuel lang gestreckt, so wird auch die umhüllende Schale im Allgemeinen eine lange, nach dem blinden Ende zu verjüngte Röhre sein. Dieselbe ist selten unregelmässig gewunden wie die an Röhrenwürmer erinnernden *Vermetiden* zeigen (Fig. 320): meist ist sie nach Art einer Uhrfeder in einer Ebene oder wendeltreppenartig aufsteigend eingerollt. Im letzteren Falle nimmt die Schale eine mehr oder minder ausgesprochene Kegelgestalt an (Fig. 321), und man kann

an ihr nun eine Spitze (Apex) und eine Basis unterscheiden; inmitten der letzteren findet sich zumeist eine Vertiefung, der Nabel (Umbo). Wenn die einzelnen Windungen locker gefügt sind und in der Umbo und Apex verbindenden Spindelaxe nicht zusammenstossen, so ergiebt sich hier (bei den Perspectivschnecken, *Scalarien*) ein Raum, durch den man hindurchsehen kann; meist schliessen jedoch die Windungen fest zusammen und verschmelzen zur Bildung einer festen Kalkspindel, der Columella (Fig. 322 *c*), um welche die Umgänge herum verlaufen.



Fig. 318.

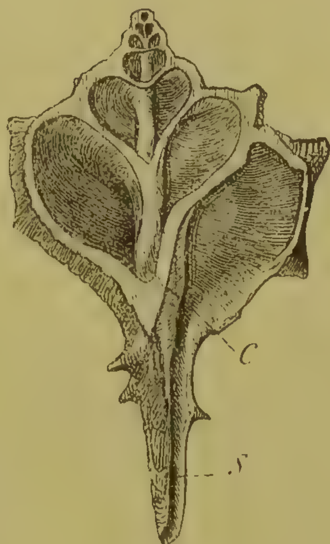


Fig. 322.



Fig. 320.

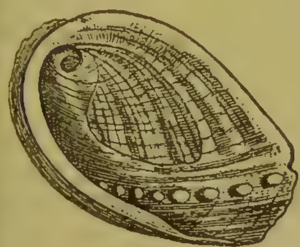


Fig. 319.



Fig. 321.

Fig. 318—322. Verschiedene Schalenformen. Fig. 318. Patella longicosta, Schale vom Rücken gesehen (aus Schmarda). Fig. 319. Haliotis tuberculata. Fig. 320. Schale von Vermetus dentiferus (aus Bronn). Fig. 321. Lithoglyphus naticoides, Schaleneingang durch Operculum geschlossen (aus Clessin). Fig. 322. Schale eines Murex geöffnet durch Abschleifen der unteren Schalenumgänge. *C* Columella, *S* Sipho (nach Schmarda).

Die Schneckenschale wächst bis zu einer bestimmten Grösse am Mantelrand weiter; da der Mantelrand die untere Schalenöffnung bezeichnet, müssen nothwendigerweise die Anwachsstreifen der Schalenmündung parallel gestellt sein. Am Mantelrand werden auch die Pigmente bereitet, welche bei der Bildung der Schale in diese mit übergehen und ihre nicht selten prächtige Färbung bedingen. Wenn der Mantelrand in eine lange Rinne, den Sipho, ausgezogen ist, so erhält auch die Schale einen entsprechenden Fortsatz; man unterscheidet daher holostome Schalen mit glattrandiger Mündung (Fig. 321) und siphonostome Schalen, bei denen der Mündungsrand in eine Siphonalrinne verlängert ist (Fig. 322 *s*).

Im Allgemeinen ist der Contact zwischen Schale und Weichkörper leicht zu lösen und das Thier durch geeignetes Drehen aus der Schale herauszunehmen; nur in der Gegend der Mündung ist ein engerer Zusammenhalt, sowie weiter einwärts, etwa auf halber Höhe der Columella, wo sich ein besonderer Muskel, der Musculus columellaris

inserirt (Fig. 328 c). Derselbe zweigt mit einem linken und rechten Strang von der vorderen Fussmuskulatur ab und steigt in der Nachbarschaft der Schalenspindel auf. So lange seine Insertion nicht gelöst ist, kann man eine Schnecke nicht aus ihrem Gehäuse unverletzt herausbekommen. Er zieht während des Lebens die Schnecke in das Haus zurück, zunächst den vorderen Abschnitt mit dem Kopf, dem dann weiter das hintere Ende, das Metapodium, folgt. Da dabei das Metapodium umgelegt wird, kommt die Sohle desselben einwärts, die Rückenseite nach der Mündung zu liegen. Auf dieser beim retrahirten Thier allein noch nach aussen schauenden Stelle erzeugen die meisten marinen Schnecken eine dicke Kalkplatte, das Operculum, welches bei eingeschlagenem Metapodium den Schaleneingang vollkommen schliesst. Da beim Wachsthum die Schalenmündung sich vergrössert, muss auch das Operculum (Fig. 321) sich vergrössern; um vollkommen der Schalenöffnung zu correspondiren, muss es ein spirales Wachsthum wie die gesammte Schale einhalten, weshalb das Operculum auf seiner Oberfläche eine charakteristische Spirallinie zeigt. Unsere einheimischen Schnecken haben meist kein Operculum, wohl aber können sie, wenn sie sich zum Winterschlaf verkrochen haben, die Schalenmündung durch eine dicke Kalkschicht, das Epiphragma, absperren; im Frühling fällt das Epiphragma ab, indem seine Ränder wieder gelöst werden.

Die meisten Schnecken haben eine dexiotrope Schale, d. h. die Schale ist derart spiral gewunden, dass, wenn sich ein Körper in ihren Umgängen von der Spitze abwärts nach der Basis, also in der Richtung des Schalenwachsthums bewegen würde, er die Richtung von links nach rechts, wie der Zeiger einer Uhr, einhalten würde; der Körper würde dabei die Spindelaxe stets zu seiner Rechten haben. Laeotrope, links gewundene Schalen (Fig. 323) sind bei wenigen Arten vorhanden und finden sich als seltene Ausnahmen auch bei Thieren, welche sonst dexiotrope Schalen besitzen.

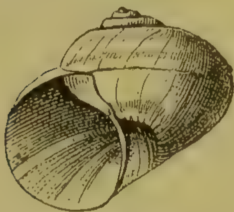


Fig. 323. Laeotrope Schale von Lanistes carinatus (aus Leunis-Ludwig).

Auf einem Schliff unterscheidet man an der Schale 2 Schichten, die innere lamellöse Schicht, die zuweilen schönen Perlmutterglanz hat und eine äussere Lage, welche trüb ist und auch die Pigmente enthält, die Porcellanschicht.

In seltenen Fällen fehlt der Mantel und demgemäss auch die Schale gänzlich; oder der Mantel ist vorhanden, die Schale aber rudimentär und äusserlich nicht sichtbar, weil sie von Mantelfalten ganz umwachsen ist. In solchen Fällen sind die Eingeweide nicht zu einem Bruchsack vorgestülpt. Da bei schalenlosen Arten die Larven einen Mantel und eine Schale besitzen, so ist wohl stets der Mangel der Schale und des Mantels durch Rückbildung zu erklären.

Asymmetrie der Eingeweide.

Bei der inneren Anatomie der Schnecken muss man beachten, dass nur wenige Formen nach Art der Amphineuren und Lamellibranchier bilateral symmetrisch sind; gewöhnlich hat eine der Drehung des Eingeweideknäuels conforme, spirale Drehung der Organe von links hinten nach rechts vorn stattgefunden und zu einer verschiedengradigen Asymmetrie des Darms, der Niere, der Kiemen, des Herzens und des Nervensystems geführt. Beim Darm rückt der After nach rechts und vorn in die Nähe des Kopfes; Nieren Herz, Kiemen und das mit den Kiemen verbundene Geruchsorgan wandern mit. In Folge

der Drehung kommen die linken Theile rechts, die rechten links vom After zu liegen; sie werden zugleich asymmetrisch, indem die Organe der einen Seite (zumeist die ursprünglich links gelegenen) vollkommen schwinden. Nimmt auch das Nervensystem an der Drehung Theil, so entsteht eine merkwürdige, unter dem Namen „Chiastoneurie" beschriebene Kreuzung der Cerebro-Visceralcommissur.

Darm.

Der Darm beginnt im Kopf mit einem musculösen, nach aussen vorstülpbaren Schlundkopf; am Grunde desselben erhebt sich die Zunge, ein dicker, von einer Art Knorpel gestützter Muskelwulst, der von einem cuticularen Blatt, der Radula, überdeckt ist. Die Oberfläche der Radula ist mit spitzen, nach rückwärts gekrümmten Zähnen bewaffnet (Fig. 324 *B* u. *C*), welche im Allgemeinen in Quer- und Längsreihen gestellt sind, im Uebrigen aber eine so grosse Mannigfaltigkeit der Form, Grösse und Anordnung erkennen lassen, dass sie mit Vortheil systematisch verwerthet worden sind. Obwohl die Radula die Zunge bedeckt, wird sie doch nicht vom Zungenepithel gebildet, sondern vom Epithel des Radulasacks (*rs*), einer ventralen, hinter der Zunge liegenden Ausstülpung des Schlundkopfs; von hier aus wächst sie über die Zunge hinüber, wie der Nagel über das Nagelbett, in gleichem Maasse, als sie sich beim Gebrauch am vorderen Ende abnutzt. Beim Fressen dient ferner ein unpaarer, dorsaler oder ein Paar lateraler Oberkiefer. Der auf den Schlundkopf folgende Darm bildet complicirte Windungen, ehe er durch den After meist rechts neben der Mantelhöhle, selten terminal in der Mittellinie nach aussen mündet (Fig. 326). In ihm sind Magen, Oesophagus und Dünndarm wenig von einander gesondert, da der Magen (*m*) sich ganz allmählig in die beiden angrenzenden Darmabschnitte verjüngt. Die Windungen des Darms sind umhüllt von der Leber (*l*), welche vermöge ihrer starken Ausbildung den Hauptbestandtheil des Eingeweidesacks ausfüllt. In den Schlundkopf mündet ausserdem noch ein Paar Speicheldrüsen (*sp*), die bei den Doliden die physiologische Merkwürdigkeit zeigen, dass sie freie Schwefelsäure produciren.

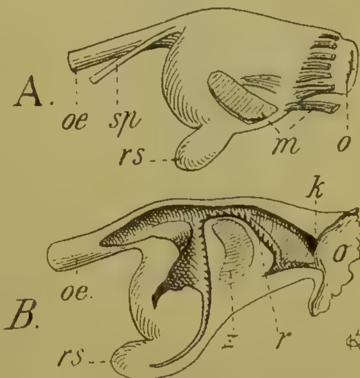


Fig. 324. Schlundkopf von Helix pomatia, *A* in seitlicher Ansicht, *B* der Länge nach aufgeschnitten. *oe* Oesophagus, *sp* Speichelgang, *rs* Radulasack, *r* Radula, *z* Zungenknorpel, *k* Kiefer, *m* Muskeln, *o* Mundöffnung.

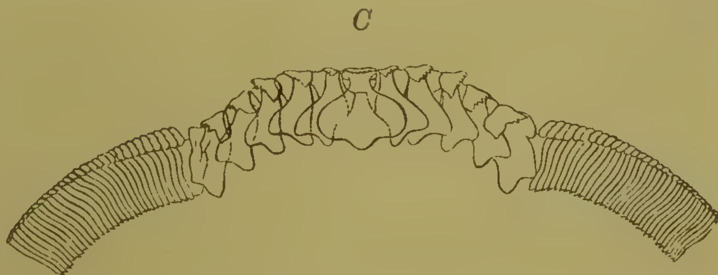


Fig. 324 *C*. Eine Querreihe der Radula von Trochus cinerarius (nach Schmarda).

Nervensystem.

Das Nervensystem der Cephalophoren unterscheidet sich dadurch von dem der übrigen Mollusken, dass sich meistens in der Visceralcommissur gewisse, sonst mit Visceral- und Cerebralganglien verschmelzende Nervenknötchen, die Pleural- und Parietalganglien, gesondert erhalten. Sind die einzelnen Commissuren kurz, die Ganglien-

knötchen in Folge dessen im Umkreis des Pharynx vereinigt und dadurch dem Einfluss der Spiraldrehung entrückt, so erhält sich die symmetrische Vertheilung der Ganglien, die Orthoneurie (Fig. 325 *b*). Sind dagegen die Cerebro-Visceralcommissuren lang ausgezogen, so bildet sich fast stets die Chiastoneurie heraus. Pleural- und Visceralganglien bewahren zwar ihren Ort, dagegen rückt das Parietalganglion der rechten Seite über den Darm herüber (daher auch Ganglion supraintestinale genannt) nach links, das linke unter dem Darm (G. subintestinale) nach rechts; die gesammte Cerebrovisceralcommissur erfährt hiermit eine Kreuzung und beschreibt eine Achter-Tour. (Fig. 325 *a*.) Mit der starken Entwicklung des Schlundkopfs hängt die Anwesenheit besonderer Buccalganglien zusammen.

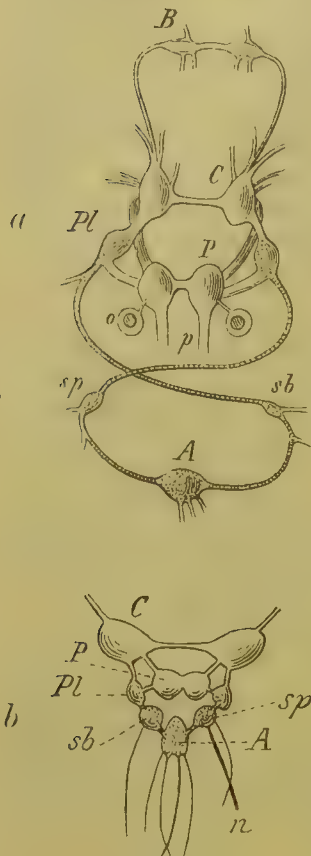


Fig. 325. *a* Chiastoneures Nervensystem von Paludina (nach Ihering aus Gegenbaur.) *b* Orthoneures Nervensystem von Limnaeus (nach Lacaze-Duthiers). *C* Cerebralganglien, *P* Pedalganglien, *Pl* Pleuralganglien, *sb* Subintestinalganglion, *sp* Supraintestinalganglion (Parietalganglien), *A* Visceralganglien, *B* Buccalganglien.

Kieme, Niere, Herz. Kiemen, Niere und Herz werden am besten im Zusammenhang besprochen. Gewisse Schnecken erinnern noch sehr an die Lamellibranchier, indem das Herz vom Mastdarm durchbohrt wird, indem ferner linke und rechte Kiemen, linke und rechte Niere und 2 Vorhöfe des Herzens vorhanden sind. In der Regel findet man jedoch nur eine einzige kammförmige Kieme, und zwar die allerdings meist nach links verschobene rechte, und in entsprechender Weise auch nur 1 Niere, 1 Geruchsorgan und 1 Vorkammer. Wie in anderen Fällen, so wird auch hier die Beschaffenheit des Herzens von der Beschaffenheit der Kieme bestimmt. Die darin sich äussernde Correlation beider Organe wird bei den Schnecken noch nach einer anderen Hinsicht bedeutungsvoll. Man unterscheidet in der Classe *Opisthobranchier* und *Prosobranchier*, je nachdem das Kiemenbüschel der hinteren oder vorderen Körperhälfte angehört. Bei den Opisthobranchiern (Fig. 327) ist das Herz in die Körperaxe eingestellt; da es von rückwärts die Kiemenvene aufnimmt, liegt die Vorkammer nach rückwärts und vor ihr die Herzkammer: diese giebt in der Richtung des Kopfes die Körperarterie ab. Bei der Verlagerung der Kieme nach vorn dagegen (Fig. 326) hat das Herz eine Drehung von mehr als 90° erfahren, so dass nun umgekehrt die Vorkammer am meisten nach vorn lagert, die Herzkammer und die Arterie aber nach rückwärts schauen.

Was die sonstige Beschaffenheit des Blutgefässsystems anlangt, so ist dasselbe zwar höher als bei den Lamellibranchiern entwickelt, gleichwohl kein geschlossenes, da die feineren Verästelungen der Arterien mit den sinuösen Räumen communiciren, welche die Eingeweide umgeben und mit Unrecht Leibeshöhle genannt werden.

Der wohl entwickelte Herzbeutel zeigt bei allen ächten Schnecken die als Nierenspritze bekannte Verbindung mit der Niere. Letztere liegt (mit Ausnahme der Placophoren, Zygobranchier und Cyclobranchier, bei denen sie paarig ist) als ein unpaarer, drüsiger, häufig

mit Kalkconcretionen gefüllter Sack neben dem Enddarm und mündet entweder direct in die Athemhöhle (Fig. 326) oder mittelst eines am Enddarm hinziehenden Ureters im Spiraculum neben dem After. Auch kann die Niere eine reichlich verästelte, baumartige Anordnung gewinnen.

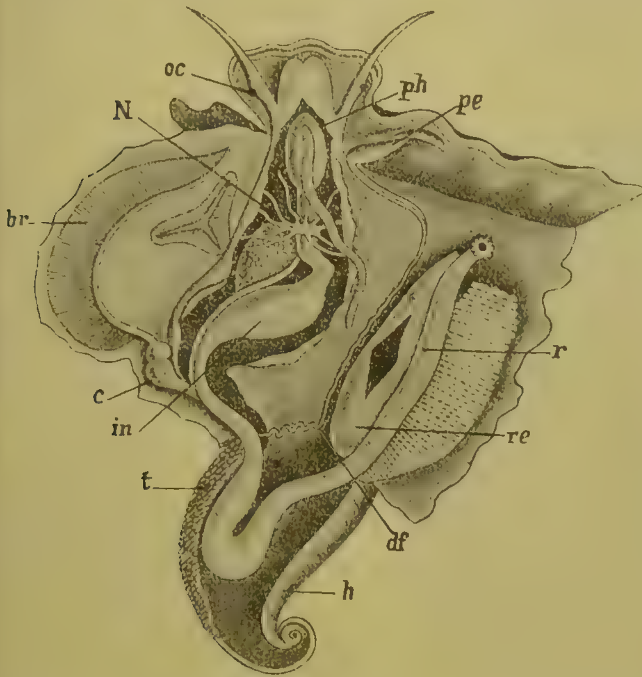


Fig. 326. Anatomie von Cypraea tigris (nach Quoy et Gaimard). *oc* Auge, *ph* Pharynx mit herausgezogener Radula, *in* Magen, *r* Enddarm, *h* Leber, *re* Niere. *t* Hoden, *df* Vas deferens, *pe* Penis, *br* Kieme. *c* Herz (das neben der Kieme gelegene Organ ist das Geruchsorgan). *N* Oberes Schlundganglion.

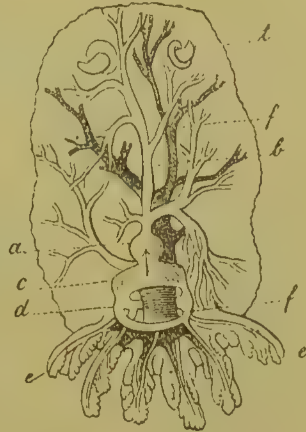


Fig. 327. Gefässsystem von Doris (nach Keferstein). *a* Kammer, *b* Aorta, *c* Vorkammer, *d* Kiemenvene. *e* Kiemen, *f* Körpervenen, *t* Fühler.

Im Geschlechtsapparat finden wir zwei Extreme: auf der einen Seite vollkommenen Gonochorismus, auf der anderen Seite den höchsten Grad von Hermaphroditismus derart, dass männliche und weibliche Organe fast der ganzen Länge nach zu zwitterigen Bildungen vereint sind. Dazwischen kommen Uebergänge vor, bei denen zwar männliche und weibliche Organe in demselben Thier auftreten, aber nicht die enge Vereinigung zeigen, welche wir im Folgenden von unseren Lungenschnecken beschreiben wollen (Fig. 328). **Geschlechtsorgane.**

Die Lungenschnecken, ein Beispiel hochgradigsten Hermaphroditismus, besitzen eine einzige Zwitterdrüse, die in einem der ersten Schalenumgänge mitten in das Lebergewebe eingelassen ist (*z*); auf sie folgt ein geschlängelter Zwittergang. Derselbe erweitert sich zum sogenannten Uterus (*u*), einem dickwandigen Canal, an dem ein besonderer zweiter Canal für den Samen herabzulaufen scheint. Thatsächlich ist im Innern aber nur ein einziges Lumen vorhanden und das verschiedene Aussehen nur dadurch bedingt, dass auf der einen Peripherie die Wandungen des Canals durch ansehnliche, eingelagerte Drüsen verdickt sind. Eine Trennung der Ausfuhrwege in Vas deferens und Scheide findet erst am Ende des sogenannten Uterus statt. Das Vas deferens (*vd*) windet sich als dünner Canal auf Umwegen zum Porus genitalis; hier schwillt es zum ausstülpbaren Penis (*p*) an, mit welchem ein merkwürdiger Anhang, das Flagellum (*fl*), und ein Musculus retractor verbunden sind. Die Scheide (*v*) ist breiter und verläuft geraden Wegs zum Porus genitalis, wo sie mit dem Penis zusammentrifft. Dem weiblichen Geschlechtsapparat sind noch einige

weitere Anhänge zuzurechnen, zunächst die grosse Eiweissdrüse (*ei*), welche am Uterus aufsitzt, da wo dieser aus dem Zwittergang hervorgeht; ferner ein Receptaculum seminis (*r*), ein rundliches Bläschen, welches durch einen sehr langen Canal mit der Scheide in Verbindung steht, schliesslich zwei „fingerförmige Drüsen", welche indessen nicht überall vorkommen (*f*). Ein merkwürdiger dickwandiger Blindsack der Scheide ist endlich noch der Liebespfeilsack (*ps*), welcher in seinem Innern ein aus Arragonit bestehendes Stilet, den Liebespfeil, ausscheidet. Dasselbe wird bei der Begattung in die männlichen Geschlechtstheile als Reizmittel eingestossen. Trotz des Hermaphroditismus findet nämlich bei den Pulmonaten eine mehrere Tage lang dauernde, wechselseitige Begattung statt.



Fig. 328. Anatomie von Helix pomatia; die Decke der Athemhöhle ist auf der linken Seite abgetrennt und nach rechts hinübergeschlagen; darauf das Pericard und der Eingeweidesack geöffnet und die Eingeweide auseinander gelegt. Darm: *s* Schlundkopf, *m* Magen, *sp* Speicheldrüse, *l* Leber, *d* Dünndarm, *a* After; Geschlechtsapparat: *z* Zwitterdrüse mit Zwittergang, *u* Uterus, *ei* Eiweissdrüse, *r* Receptaculum seminis, *v* Vagina, *ps* Pfeilsack, *f* fingerförmige Drüse, *vd* Vas deferens, *p* Penis, *fl* Flagellum. *n* Niere mit *n'* Nierenmündung, *lu* Lungengeflecht, *h* Herzvorkammer, rückwärts davon die Kammer. *g* Cerebralganglion, *fu* Fuss, *c* Musculus columellaris. (Der über den Darm gezeichnete Zwittergang verläuft in der Natur unter demselben hindurch.)

Die Geschlechtsöffnung liegt fast ausnahmslos auf der rechten Seite des Thieres, vielfach vor dem After dicht am Kopf; ihre Lage kann sowohl bei hermaphroditen, wie auch bei gonochoristischen männlichen Schnecken durch einen rinnenförmig ausgehöhlten ansehnlichen Hautlappen, der als Penis benutzt wird, ausgezeichnet sein (Fig. 326 *pe*). Freilich rückt derselbe nicht selten von dem Porus genitalis eine Strecke abseits und bleibt mit ihm dann nur durch eine flimmernde Rinne verbunden.

Bei den Landschnecken werden die Eier als grosse hartschalige Körper in die feuchte Erde vergraben; bei allen Wasserbewohnern finden sich dagegen Laiche, meist durchsichtige Gallerten, in denen viele Einzeleier liegen, jedes Ei von einer Eiweissschicht und einer weiteren festen Hülle umschlossen. Selten findet eine Art Brutpflege statt wie bei Janthina nitens, welche ihre Eierqualster, in Form eines Flosses am Fuss befestigt, mit sich herumträgt.

Entwicklungsgeschichtlich ist vor Allem die grosse Constanz, mit welcher das Veligerstadium auftritt, wichtig. (Fig. 303 und 304.) Die meisten Schnecken schwimmen mit dem oft zweigetheilten Velum an der Wasseroberfläche, ehe sie auf dem Boden zu kriechen anfangen. Aber auch da, wo die Schnecke gleich in ihrer definitiven Gestalt die Eischale verlässt, ist das Velum während des Embryonallebens entwickelt, häufig so kräftig, dass der Embryo mit Hilfe der Flimmern lebhaft in der umgebenden Eiweissschicht rotirt. Entwicklung.

Bei der Systematik verwerthet man in erster Linie Bau und Lage der Athmungsorgane, sowie die damit zusammenhängende Anordnung der einzelnen Herzabschnitte; zur weiteren Charakteristik der grösseren Gruppen wird dann noch die hermaphrodite oder gonochoristische Beschaffenheit des Geschlechtsapparats und die Orthoneurie oder Chiastoneurie des Nervensystems herangezogen. Auf diesem Wege kann man sehr gut 3 Gruppen charakterisiren: *Prosobranchier, Opisthobranchier* und *Pulmonaten.* Durch besondere Gestaltung des Fusses sind ferner die *Heteropoden* und *Pteropoden* ausgezeichnet, von denen die ersteren mit den Prosobranchiern sehr nahe verwandt sind, während letztere sich den Opisthobranchiern anschliessen. Eine merkwürdige Mittelstellung zwischen Lamellibranchiern und Cephalophoren nehmen endlich die *Scaphopoden* ein.

I. Ordnung. Opisthobranchier.

Von der bei den *Amphineuren* vorhandenen bilateralen Symmetrie weichen die *Opisthobranchier* nur wenig oder doch nicht in so erheblicher Weise wie die *Prosobranchier, Pulmonaten* und *Heteropoden* ab. Der After bleibt in der Symmetrieebene des Körpers liegen oder wird nur unbedeutend nach rechts verschoben, wenn er auch vom hinteren Ende des Körpers weit nach vorn rücken kann; das Nervensystem ist bilateral symmetrisch, indem die Kreuzung der Visceralcommissur unterbleibt (orthoneure Mollusken). Auch das Herz, obwohl es nur eine Vorkammer hat, bewahrt ursprüngliche Verhältnisse, indem es von rückwärts das Blut empfängt und nach vorn durch die Aorta an den Körper abgiebt (Fig. 327). Alles dies, namentlich der letzterwähnte Punkt, ist für die Charakteristik der *Opisthobranchier* viel wichtiger, als die äusserst variable und mannichfaltige Beschaffenheit und Lage der Kiemen, wenn auch letztere den Namen veranlasst hat. Die Kiemen können ganz fehlen oder sind als 2 Längsreihen von Anhängen symmetrisch zur Mittellinie gestellt oder bilden eine Rosette um den After oder sind endlich durch eine unpaare, rechts gelagerte Kammkieme vertreten. Nur letztere kann als ein den Kiemen der übrigen Mollusken vergleichbares Organ angesehen werden; die Rücken- und Afterkiemen sind dagegen Neubildungen, accessorische Kiemen. Daher wird auch nur die Kammkieme, wenn auch in unvollkommener Weise, von einer Mantelfalte bedeckt, welche eine papierdünne, rudimentäre, meist von Hautlappen überwachsene Schale ausscheidet. Den meisten Opistobranchiern fehlt mit dem Mantel auch die Schale. Von grossem Interesse ist es, dass dann die Larven wenigstens vorübergehend Mantel und Schale besitzen. Für die systematische Charakteristik der Opisthobranchier ist noch wichtig, dass ihre auf der rechten Seite mündenden Geschlechtsorgane zwitterig sind.

I. Unterordnung. *Abranchier.* Mantel, Schale und Kammkiemen fehlen; *Elysia viridis* Montg.

II. Unterordnung. *Nudibranchier.* Mantel und Schalen fehlen, die Kammkiemen sind durch accessorische Kiemen ersetzt. Dieselben bilden bei den *Dorididen* im Umkreis des Afters eine Rosette zurückziehbarer Bäumchen (Fig. 327, 329): *Doris tuberculata* Cuv.; bei den *Tritoniaden* stehen

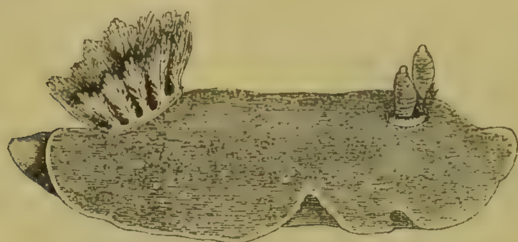


Fig. 329 a. Doris Johnstoni mit ausgestrecktem, perianalem Kiemenbüschel und 2 Tentakeln am vorderen Ende (aus Carpenter).



Fig. 329 c. Aeolidia papillosa (aus Leunis-Ludwig).



Fig. 329 b. Ein einzelnes perianales Kiemenbüschel von Doris Johnstoni schwach vergrössert.

die accessorischen Kiemen in einer linken und rechten Längsreihe auf dem Rücken: *Tethys fimbriata* L., bekannt durch merkwürdige Anhänge, die abgerissen lange Zeit weiter leben und wiederholt als besondere Thiere (*Vertumnus*) beschrieben wurden; bei den *Aeolididen* sind mehrere Reihen Rückenanhänge vorhanden, in welche Darmblindsäcke eintreten (*Phlebenteraten*). *Aeolidia papillosa* L. (Fig. 329 c.)

III. Unterordnung. *Tectibranchier.* Kammkieme, Mantel und Schale sind vorhanden; der Fuss zieht sich oft links und rechts in Fortsätze aus (Parapodiallappen). *Pleurobranchus Meckeli* Cuv.; *Aplysia depilans* L.

II. Ordnung. Prosobranchier.

Bei den Prosobranchiern ist die für die meisten Schnecken charakteristische Drehung des Eingeweideknäuels von links hinten nach rechts vorn eingetreten und hat dazu geführt, dass der After rechts in der Nähe des Kopfes mündet, die Visceralcommissur die achterförmige Kreuzung erfahren hat (Chiastoneurie) und die Organe der rechten Seite, Niere und Kieme, auf die linke übergewandert sind, wo sie weit nach vorn liegen. Dabei hat auch das Herz eine Drehung erfahren; es empfängt von vorn das Kiemenblut und giebt es nach rückwärts durch die Aorta ab. Wie bei den Opisthobranchiern ist auf die Lagerung des Herzens grösseres Gewicht zu legen, als auf die Lage der Kiemen. Weitere Unterschiede zu den Opisthobranchiern ergeben sich daraus, dass die Prosobranchier getrennt geschlechtlich, und dass ihre Mantelfalten und Schalen kräftig entwickelt sind; je nachdem der Mantel in einen häufig äusserst langen Sipho ausgezogen ist oder nicht, sind die Schalen siphonostom oder holostom.

Gewisse Prosobranchier schliessen sich den Amphineuren, diesen Urmollusken, dadurch an, dass sie doppelte Vorkammern des Herzens

haben; in diesen Fällen hat entweder die Kieme und ebenso die Mantelhöhle die Gestalt eines nur vorn durch den Kopf unterbrochenen Rings, oder es sind 2 Kiemenbüschel, ein linkes und ein rechtes, vorhanden. Bei der überwiegenden Mehrzahl der Prosobranchier findet man aber nur 1 Kieme, und zwar die nach links verschobene rechte, dann ist gewöhnlich auch nur die entsprechende Vorkammer vorhanden; selten erhält sich noch die zweite Vorkammer als rudimentärer Anhang.

I. Unterordnung. *Cyclobranchier.* Kieme fast zu einem Ring geschlossen. 2 Vorkammern. Hierher gehört nur die artenreiche Familie der Napfschnecken, *Patelliden.* Die Thiere leben mit Vorliebe an der Ebbegrenze, festgesaugt am Fels, geschützt durch eine Schale von der Gestalt eines chinesischen Hütchens. *Patella vulgata* L. (Fig. 318.)

II. Unterordnung. *Zygobranchier.* 2 Kiemen, 2 Vorkammern, Herzkammer vom Darm durchbohrt. Die *Fissurelliden* (Fig. 330) (*Fissurella nodosa* L.) haben ähnlich den Patelliden eine napfförmige Schale, nur dass sie von einer Oeffnung an der Spitze durchbohrt ist; bei den *Haliotiden* oder Meerohren ist dagegen die Schale schon schwach spiral eingewunden. *Haliotis tuberculata* L. (Fig. 319.)



Fig. 330. Fissurella patagonica von unten gesehen. *br* die paarigen Kiemen. *p* der Fuss (aus Bronn).

III. Unterordnung. *Azygobranchier.* Nur eine Kieme (die nach links verschobene rechte) ist vorhanden. Ein Theil der Thiere — *Diotocardier* — hat noch zwei Vorkammern: die marinen *Trochiden* oder Kreisselschnecken *Trochus varius* L. und die z. Th. das Süsswasser bewohnenden *Neritiniden: Neritina fluviatilis* L. Gewöhnlich ist aber nur eine Vorkammer vorhanden. Zu den *Monotocardiern* gehört die bei Weitem grösste Zahl sämmtlicher im Wasser lebender, namentlich mariner Schnecken; man unterscheidet Tausende von Arten, die sich auf einige hundert Gattungen vertheilen; um die Bestimmung zu erleichtern, hat man ein auf die Zahnstructur der Radula gestütztes System entworfen und die Gruppen der *Toxoglossen, Rhachiglossen, Taenioglossen, Hamiglossen, Odontoglossen* gebildet, oder man hat nach der Schalenmündung *holostome* und *siphonostome* Arten gegenüber gestellt. Hier sollen nur wenige besonders interessante Familien Erwähnung finden.

Siphonostome Formen sind die einander nahe verwandten *Muriciden* und *Purpuriden,* deren Arten durch die Purpurfärberei berühmt geworden sind; sie besitzen die Purpurdrüse, eine acinöse, im Mantel eingebettete Drüse, welche ein zunächst farbloses, an der Luft aber purpurn werdendes Secret liefert. Im Alterthum wurden sie zur Purpurfärberei verwandt. *Murex brandaris* L. und *M. trunculus* L. Durch schöngefärbte porzellanartige Schalen sind ausgezeichnet die *Cypraeiden*; die Schale von *Cypraea Moneta* L. wird in Afrika unter dem Namen Caori als Geld benutzt. Ferner gehören hierher die *Ampullariden,* Schnecken, die die Athemhöhle als Lunge benutzen, dabei aber noch Kiemen besitzen. *Ampullaria Celebensis* Quoy.

Zu den *holostomen* Prosobranchiern gehören die *Paludiniden* und *Valvatiden*, Süsswasserschnecken mit Kiemenathmung. *Paludina vivipara* L. *Valvata piscinalis* Müll. Ausschliesslich Landbewohner sind die *Cyclostomiden,* welche wie die Pulmonaten die Athemhöhle nur als Lunge benutzen, im übrigen Bau aber sich von ihnen unterscheiden und den Prosobranchiern gleichen. *Cyclostoma elegans* Drap.

III. Ordnung. Heteropoden, Kielschnecken.

In der Bildung der Kiemen, des Geschlechtsapparats, des Herzens und des Nervensystems verhalten sich die Heteropoden (Fig. 331) wie echte Prosobranchier; sie dürften auch von denselben systematisch nicht getrennt werden, wenn nicht ihre ausschliesslich pelagische Lebensweise ihnen ein sehr abweichendes Gepräge verliehen hätte. Wie bei den meisten pelagischen Thieren ist ihre Bindesubstanz gallertig weich und

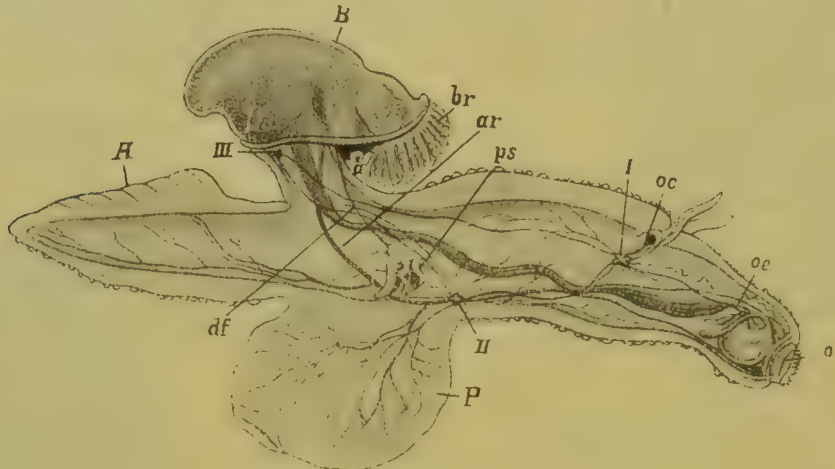


Fig. 331. Carinaria mediterranea (nach Gegenbaur). Schale entfernt. *A* Metapodium, *B* Eingeweideknäuel, *P* Propodium mit Saugnapf, *o* Mund, *oe* Oesophagus, *oc* Auge mit Tentakeln, *I* Cerebral-, *II* Pedal-, *III* Visceralganglion, *ps* Penis, *df* Vas deferens, *ar* Aorta, *br* Kiemen (darüber das Herz), *a* After.

der Körper mit seinen sämmtlichen Organen von glasartiger Durchsichtigkeit. Durch das reichlich entwickelte Gallertgewebe haben Kopf und Fuss im Vergleich zum Eingeweideknäuel eine bedeutende Grösse gewonnen und können daher gewöhnlich nicht in der Schale geborgen werden. Der Kopf hat grosse Aehnlichkeit mit einem Pferdekopf, weshalb die Thiere von den italienischen Fischern auch „Seepferdchen“, Cavalluzzi di mare, genannt werden. Die Gestalt ist veranlasst durch die starke, schnauzenartige Verlängerung des Vorderkopfes; im Hinterkopf liegen die auffallend grossen Augen und benachbart die Hörbläschen. Am charakteristischsten aber ist der Fuss; sein hinteres Ende, das Metapodium, ist selbständig geworden und bildet eine schwanzartige Verlängerung des Rumpfes, die ab und zu in einen dünnen Faden ausläuft: der Rest des Fusses ist eine senkrechte Platte ohne Sohle zum Kriechen; er führt undulirende Bewegungen aus und dient zum Schwimmen, wobei er durch schlängelnde Bewegungen des Gesammtkörpers unterstützt wird. Die Heteropoden schwimmen auf dem Rücken, den Eingeweideknäuel nach abwärts, während die Flosse an der Wasseroberfläche kleine Strudel erzeugt. Sie sind äusserst gefrässige, räuberische Thiere.

Bei den *Heteropoden* kann man Schritt für Schritt die Rückbildung der Schale verfolgen. Die *Atalantiden* können sich vollkommen in ihr spirales Gehäuse zurückziehen und dasselbe mit einem Deckel schliessen: *Atalanta Peronii* Les. Die *Carinariden* haben eine hütchenförmige, kaum den Eingeweideknäuel deckende Schale: *Carinaria mediterranea* Per. u. Les. (Fig. 331). Schalenlos sind die *Pterotracheiden: Pterotrachea coronata* Forsk.

IV. Ordnung. Pteropoden, Flügelschnecken.

Mit den *Heteropoden* in der pelagischen Thierwelt vereint findet man die Flügelschnecken oder *Pteropoden* (Fig. 332), die sich von sämmtlichen Schnecken aber wesentlich dadurch unterscheiden, dass ihnen ein besonderer Kopfabschnitt und demgemäss zumeist auch Fühler und Augen fehlen und dass die Mantelhöhle mit den Kiemen ähnlich wie bei den Cephalopoden nach rückwärts vom dorsalen Mittelpunkt oder, wie man sich auch ausdrückt, „ventral“ angebracht ist; unter den Schnecken sind ihnen noch am nächsten verwandt die Opisthobranchier vermöge ihres Hermaphroditismus, der Lage der Herzvorkammer und des orthoneuren Baues des Nervensystems. Das wichtigste Merkmal der Gruppe ist in den „Flügeln“ gegeben, zwei von der ventralen Seite entspringenden, breiten Lappen, welche in der That wie Flügel auf und ab bewegt werden und die Ortsbewegung vermitteln. Sie repräsentiren den Fuss und sind als mächtig entwickelte Parapodialfortsätze zu deuten, wie sie schon bei den tectibranchiaten Opisthobranchiern vorkommen.

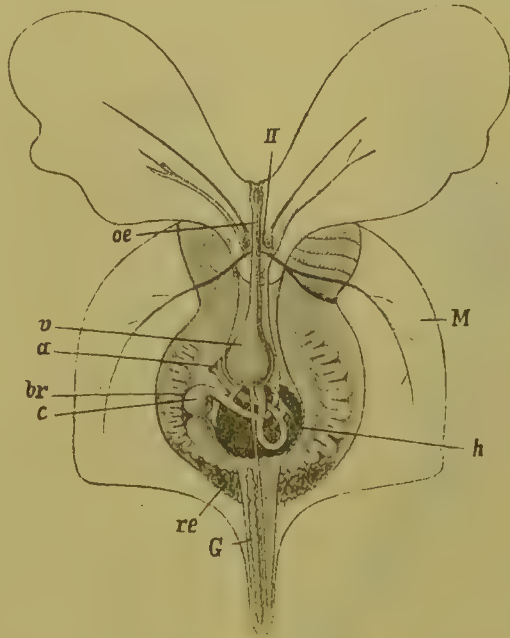


Fig. 332. Hyalaea complanata von oben gesehen. *II* Pedalganglion mit Hörbläschen, *oe* Oesophagus, *v* Magen, *a* After, *h* Leber, *br* Kieme, *c* Herz, *re* Niere, *G* Geschlechtsapparat, *M* Mantel (nach Gegenbaur).

Auch bei den *Pteropoden* zeigt die Schale die verschiedensten Grade der Rückbildung. Bei den *Thecosomen*, den beschalten Formen, haben die *Limaciniden* und *Hyalaeiden* noch verkalkte Schalen, die ersteren spiral gewundene, die letzteren gerade gestreckte, pyramidenförmige Gehäuse: *Limacina arctica* Cuv. *Hyalaea complanata* Ggb. (Fig. 332). Eine crystallklare Schale von knorpeliger Consistenz findet sich bei den *Cymbuliden*: *Cymbulia Peronii* Cuv. — *Gymnosom*, d. h. schalenlos und am vorderen Ende mit Tentakeln bewaffnet, die durch die Anwesenheit von Saugnäpfen an die Cephalopoden erinnern, ist *Pneumodermon violaceum* d'Orb.

V. Ordnung. Pulmonaten, Lungenschnecken.

Die Lungenschnecken oder *Pulmonaten* halten in mancher Hinsicht zwischen *Prosobranchiern* und *Opisthobranchiern* die Mitte. Wie diese sind sie orthoneur und hermaphrodit; ihre männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane zeigen die hochgradige Verschmelzung, welche oben schon genauer geschildert wurde. Dagegen ist die Lage der Athmungsorgane weit vorn, benachbart dem Kopf, Ursache, dass, wie bei den Prosobranchiern, am Herzen die Vorkammer nach vorn, die Aorta nach hinten gewandt ist.

Die Lunge, das Hauptmerkmal der Gruppe, ist ein durch Rückbildung der Kieme aus der Mantelhöhle entstandener geräumiger Sack,

welcher auf der rechten Seite beginnt und halbmondförmig weit auf die linke Seite übergreift; auf der rechten Seite mündet sie im Mantelwulst mit einer verschliessbaren Oeffnung, dem Spiraculum, in dessen Umgrenzung auch die Mündungen von After und Ureter liegen. Die Lungendecke ist eingenommen von einem zierlichen Netz von Blutgefässen, welche ihr Blut aus einem Randsinus beziehen und in eine Hauptvene sammeln, die nach dem Herzen zurückleitet (Fig. 328).

Manche Pulmonaten leben dauernd im Wasser; da sie aber keine Kiemen haben, müssen sie zeitweilig an die Oberfläche aufsteigen, um ihre Athemhöhle mit neuer Luft zu füllen. So machen es die meisten Arten der Gattung Limnaeus, welche in flachen Tümpeln und Bächen leben; nun giebt es aber auch Limnaeen am Grunde der grossen Binnenseen (Bodensee, Genfer See), von wo sie nicht schnell genug an die Oberfläche aufsteigen können; diese benutzen ihre Lunge zur Wasserathmung, indem sie durch das Spiraculum Wasser ein- und austreten lassen.



Fig. 333. Limax cinereus, s Spiraculum (aus Leunis-Ludwig).

Nach der Zahl der Fühler und der Lage der Augen theilt man die Pulmonaten ein in *Stylommatophoren* und *Basommatophoren*. Erstere haben 4 zurückziehbare Fühler und tragen die Augen an den Spitzen der hinteren längeren Fühler. Die Augen können daher mit den Fühlern eingestülpt werden. Dagegen haben die Basommatophoren nur 2 Fühler, die zwar verkürzt, aber nicht eingestülpt werden können; die Augen liegen an der Fühlerbasis unbeweglich.

I. Unterordnung. *Stylommatophoren.* Die *Heliciden* haben eine vortrefflich entwickelte Schale, die sie während des Winterschlafes mit dem Epiphragma schliessen: *Helix pomatia* L., Weinbergschnecke. In den Tropen zahlreiche Arten der Gattung *Achatina.* Die *Limaciden* haben eine kleine, vielfach nur aus Kalkkrümeln bestehende, im Mantel ganz verborgene Schale. *Limax cinereus* Lister (Fig. 333). *Arion empiricorum* Fer.

II. Unterordnung. *Basommatophoren.* Hierher gehören die Sumpfschnecken *Limnaeiden: Limnaeus stagnalis* L., *Planorbis carinatus* Müll.

VI. Ordnung. Scaphopoden.



Fig. 334. Dentalium elephantinum, links Thier, rechts Schale. *f* Fuss, *l* Lebergegend, *o* hintere Oeffnung des Mantelsacks.

Eine Mittelstellung zwischen Muscheln und Schnecken nehmen die Scaphopoden ein mit der einzigen Gattung Dentalium, dem „Elephantenzahn". Der Name erklärt sich aus der Gestalt der Schale, welche eine grosse Aehnlichkeit mit dem Stosszahn eines Elephanten hat, nur dass sie einen beiderseits geöffneten Hohlraum umschliesst. (Fig. 334.) Man findet die Schalen häufig an sandigen Meeresküsten, wo die Thiere im Boden graben. Beim lebenden Dentalium kommt aus der weiteren

Schalenmündung der lange dreilappige Fuss hervor; der übrige Körper bleibt vom Mantel umhüllt, der, links und rechts vom Rücken entspringend, ventral wie der Mantel einer siphoniaten Muschel geschlossen ist. Die Kiemen werden vertreten von zahlreichen Tentakeln, die im Umkreis der Mundöffnung stehen. Nieren und Leber sind paarig und wie der Darm symmetrisch; während hierin wie in der Bildung des Mantels sich Anklänge an die Muscheln ergeben, erinnert die Anwesenheit von Kiefern und Radula an die Schnecken. Dentalium elephantinum L.

IV. Classe.

Cephalopoden, Tintenfische.

Im Stamme der Mollusken zeichnen sich die Cephalopoden sowohl durch ihre Organisationshöhe, als auch durch ihre meist ansehnliche Körpergrösse aus. Die meisten Tintenfische haben, wenn man die Länge ihrer Arme mit einrechnet, eine Grösse von etwa 0.5—1 Meter; seltener sind kleinere, nur etwa 5—10 cm. lange Arten, besonders selten die riesigen Ungeheuer von etwa 15 Meter. Letztere waren lange Zeit nur durch die Berichte der Seefahrer bekannt, welche erzählten, dass die Thiere mit ihren gewaltigen muskelstarken Armen Schiffe angegriffen hätten, um sie in's Meer herabzuziehen. An der Küste von Neufundland sind in letzter Zeit in Folge von Stürmen solche Riesenpolypen, der Gattung *Architeuthis* angehörig, gestrandet. Ein Exemplar war 6 Meter lang, seine Arme hatten den Durchmesser eines Männerarms und eine Länge von 11 Meter. Da jeder Arm nur aus Muskelmasse besteht, wäre es wohl denkbar, dass die Thiere ein kleineres Schiff bewältigen könnten.

Der Körper eines Cephalopoden zerfällt durch eine deutliche Einschnürung in den Kopf und den Rumpf. (Fig. 335, 336.) Ersterer **Kopf und Tentakeln.**



Fig. 335. Octopus Tonganus (nach Hoyle) in seitlicher Ansicht, rechts der Trichter und die Mantelfalte, links der Rücken mit den Augen.



Fig. 336. Loligo Kobiensis (nach Hoyle) von der Bauchseite betrachtet.

trägt genau terminal die Mundöffnung und in einem Kranz um dieselbe herum die Tentakeln. Seiner Gestalt nach kann man einen Tentakel einer Schlange vergleichen; nur besteht er ausschliesslich aus glatter Muskelmasse ohne Skelet und ist auf der oralen Seite mit einigen Reihen kräftiger Saugnäpfe bewaffnet. Die *Octopoden* (Fig. 335) haben nur 8 unter einander gleiche Tentakeln, 4 rechte und 4 linke; die *Decapoden* (Fig. 336) haben ausser diesen 8 noch 2 weitere Arme, die sich durch Gestalt und Anordnung von den übrigen unterscheiden; sie besitzen Saugnäpfe nur an dem spatelartig verbreiterten Ende und können in besondere Tentakeltaschen vollkommen zurückgezogen werden. Ihren Platz nehmen die accessorischen Tentakeln, wenn wir jederseits die Haupttentakeln von der dorsalen nach der ventralen Seite zählen, zwischen dem 3. und 4. Tentakel ein (Fig. 336).

Augen. Unterhalb des Tentakelkranzes liegen links und rechts die beiden grossen Augen, welche schon äusserlich an das Wirbelthierauge erinnern, indem sie eine durchsichtige Cornea und eine grosse, von einer Iris umgebene Pupille besitzen. Im innern Bau (Fig. 337) ist die Aehnlichkeit nicht minder ausgesprochen. Hinter der Iris folgt eine Linse und ein Glaskörper; an den Glaskörper grenzt die Retina und an diese eine pigmentirte, silberglänzende Haut, welche als Argentea oder Chorioidea bezeichnet wird und von knorpeligen, eine Sclera ersetzenden Stücken durchwachsen ist. Zwei auffällige Eigenthümlichkeiten unterscheiden das Auge der Cephalopoden von dem der Wirbelthiere, zum Zeichen, dass beide Organe unabhängig von einander entstanden sind und einen ganz verschiedenen Entwicklungsgang genommen haben: 1. die Cornea ist von einer Oeffnung durchbohrt, welche Meerwasser in die vordere Augenkammer treten lässt; 2. die Retina grenzt mit der Stäbchenschicht direct an den Glaskörper, während bei den Wirbelthieren die Stäbchenschicht an die Chorioidea anschliesst und von dem Glaskörper durch die übrigen Retinaschichten getrennt bleibt.

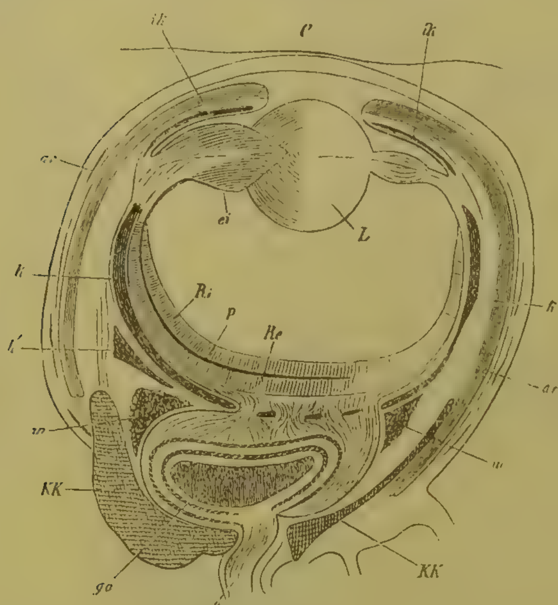


Fig. 337. Schematischer Längsschnitt durch das Chephalopodenauge (aus Gegenbaur). *C* Cornea, *ik* Iris, *ae* Argentea (Chorioidea), *L* Linse, *ci* Ciliarfortsatz, *k* eingesprengte Theile des Knopfknorpels, *KK* Kopfknorpel, *Ri* Stäbchenschicht der Retina, *Re* Zellenschicht der Retina, *p* Pigmentschicht, *go* Ganglion opticum, *o* Opticus, *w* weisser Körper.

Die gegebene Schilderung passt nicht auf die auch sonst höchst abweichend gebauten *Nautiliden*. Anstatt Tentakeln mit Saugnäpfen besitzen dieselben eine grössere Anzahl lappiger Anhänge am Kopf. Ihre Augen sind tiefe, nach aussen mündende Gruben, deren Grund von der Retina eingenommen wird, während Glaskörper, Linse, Iris, Cornea etc. fehlen. (Fig. 338.)

Rumpf und Trichter.

Am Rumpf der Cephalopoden kann man eine vordere und eine hintere Seite, welche links und rechts abgerundet in einander übergehen, unterscheiden. Die vordere Seite, welche nur theilweise der ventralen Seite der übrigen Mollusken entspricht, für gewöhnlich aber kurzweg Bauch genannt wird, ist ganz vom Mantel bedeckt, einer muskelstarken Falte, welche von der gesammten Peripherie des Rumpfes ihren Ursprung nimmt, manchmal auch auf den Rücken übergreift und stets an der hinteren Grenze des Kopfes mit freiem Rande aufhört. (Fig. 299 u. 339; in letzterer Figur ist die Mantelhöhle durch einen ventralen Längsschnitt geöffnet, und sind die Mantelhälften nach links und rechts zurückgeschlagen.) Am Kopf würde die Mantelhöhle mit einem queren Spalt nach aussen münden, wenn nicht der Rand der Falte angepresst und durch einen knopfartigen Vorsprung (*d*), der in eine Vertiefung des Körpers (*b*) passt, noch weiter befestigt wäre. So muss die Communication der Mantelhöhle nach aussen durch ein besonderes Organ, den Trichter (*Tr*), bewerkstelligt werden, eine musculöse conische Röhre, welche auf der vorderen Seite des Körpers festgewachsen ist und mit einer weiten Oeffnung in die Mantelhöhle mündet. Indem die Cephalopoden durch kräftige Contraction der Mantelwand das Wasser mit grosser Heftigkeit aus der Athemhöhle durch den Trichter herauspressen, können sie sich, durch Rückstoss schwimmend, schnell fortbewegen. Auch hier hat *Nautilus* seine Besonderheit, indem der Trichter dauernd aus 2 zusammengefügten Hautfalten besteht, eine Besonderheit, welche dadurch an Bedeutung gewinnt, dass auch bei den übrigen Cephalopoden während der Entwicklungsgeschichte der Trichter sich in Form zweier getrennter und erst später sich zu einer Röhre schliessender Hautfalten (Fig. 348 *f*) anlegt. Ein typischer Fuss fehlt den Cephalopoden, doch weisen vergleichend anatomische Erwägungen darauf hin, dass die Trichterfalten aus seitlichen Fortsätzen des Fusses (Epipodialfortsätzen) hervorgegangen sind; auch werden die Arme als Differenzirungen des Fusses gedeutet.

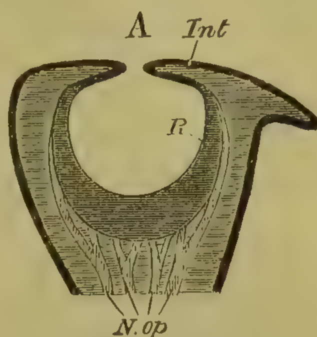


Fig. 338. Schematischer Längsschnitt des Nautilusauges (aus Balfour). *A* Eingang in den Augenbecher, *R* Retina, *Int* irisartige Hautfalte, *N op* Sehnerv.

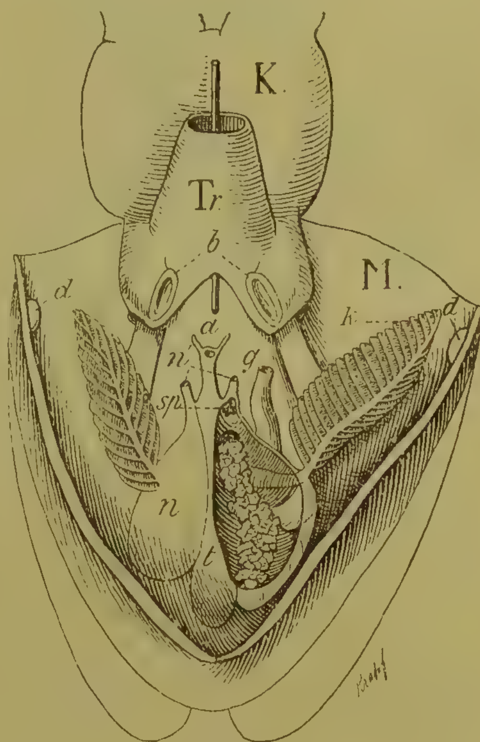


Fig. 339. Sepia officinalis, Mantelhöhle durch einen Medianschnitt geöffnet, um die Kiemen (*k*), Nieren (*n*), After (*a*), Mündung des Geschlechtsapparats *g* zu zeigen. *d* die Vorsprünge, welche in die Vertiefungen *b* eingeknöpft werden. Trichter (*Tr*) sondirt. Der linke Nierensack geöffnet, um in ihm die zum Kiemenherzen leitende Vena cava mit Venenanhängen zu zeigen. Durch die Wand schimmert die Vorkammer des Körperherzens hindurch, *sp* Nierenspritze, *M* Mantel, *K* Kopf.

Farbenwechsel.

Rumpf und Kopf der Cephalopoden sind von einer dünnen schleimigen Haut bedeckt, welche in hohem Maasse das Phänomen des Farbenwechsels zeigt. Ein gereizter Octopus schillert in allen Farben wieder; eine Sepia sieht bald schwärzlich, bald gelblich-weiss aus. Ursache der Erscheinung ist die Anwesenheit von Chromatophoren, pigmentreichen Zellen, an deren Peripherie kleine Muskelfäden sich inseriren. Wenn letztere sich zusammenziehen, so wird das Pigment weit ausgebreitet und gewinnt dadurch Einfluss auf die Färbung; umgekehrt zieht sich die Zelle beim Erschlaffen der Muskelchen zu einem kleinen Pigmentkörper zusammen. Da mehrere Lagen verschieden gefärbter Pigmentzellen übereinander liegen und je nach dem Contractionszustand bald diese, bald jene Lage mehr das Gesammtcolorit beeinflusst, ist eine grosse Mannichfaltigkeit der Färbungen möglich.

Fig. 340. Nautilus Pompilius, Weibchen mit Schale, letztere der Länge nach aufgeschnitten. *1* Mantel. *2* dessen Rückenlappen, *3* Kopflappen (Tentakeln), *4* Kopfkappe, *5* Auge mit Pupille, *6* Trichter, *7* Lage der Nidamentaldrüse, *8* Schalenmuskel, *9* Wohnkammer, *10* Scheidewände zwischen den unbewohnten Kammern, *11* Sipho (aus Leunis-Ludwig).

Schale.

Trotz der weichen Körperbeschaffenheit kommt eine wohlentwickelte Schale unter den lebenden Cephalopoden nur dem *Nautilus* (Fig. 340) und der *Argonauta* zu. Aeusserlich gleicht die Nautilusschale den in einer Ebene aufgewickelten Schalen mancher Schnecken, wie z. B. der Planorben. Legt man dagegen die einzelnen Windungen durch einen Sagittalschnitt frei, so sieht man, dass das Innere kein einheitlicher Raum ist, sondern durch regelmässig gestellte Scheidewände in zahlreiche, in der Spiralaxe hinter einander folgende Kammern abgetheilt wird. Die Kammern nehmen nach der Schalenmündung rasch an Grösse zu. Nur die letzte beherbergt den Weichkörper des Thieres; die vorhergehenden sind verlassen und von Luft erfüllt. Durch sie hindurch erstreckt sich ein vom Thier ausgehender und in der Anfangskammer endender Gewebsstrang, der Sipho, welcher es nöthig macht, dass jede Scheidewand von einer zu einer kleinen Röhre ausgezogenen Oeffnung durchsetzt wird.



Fig. 341. Spirula Peronii mit Schale (*s*).

Unter den fossilen Cephalopoden hatten viele Arten, die *Nautiliden* und *Ammoniten*, ebenso schön entwickelte Schalen; bei den recenten Formen und auch vielen ausgestorbenen ist jedoch die Schale rückgebildet. Bei der äusserst seltenen *Spirula Peronii* (Fig. 341) findet man zwar noch eine gekammerte Schale, dieselbe ist aber so klein, dass sie ganz im Mantel des Thieres verborgen liegt. Bei den *Decapoden* ist als Aequivalent der Schale der sogenannte Rückenschulp, ein lamel-

lös geschichtetes, bei den *Sepien* noch verkalktes, bei den *Loligen* dagegen rein organisches Blatt, welches im Innern des Körpers, im Schalensack, verborgen liegt, so dass ein Einschnitt in die Rückenhaut nöthig ist, um es zu Gesicht zu bekommen. (Vergl. Fig. 299.) Wie echte Schalen entstehen diese Rückenschulpen als Ausscheidungen der äusseren Haut; nur hat sich das die Bildung übernehmende Epithel, das Schalenfeld, während der Embryonalentwicklung eingesenkt und durch Umwachsen der Ränder zum Schalensack geschlossen (Fig. 348 *mt*).

Mit den bisher betrachteten Schalen, welche den Schalen der übrigen Mollusken gleichwerthig sind, hat das Gehäuse der weiblichen *Argonauta* nichts zu thun. Der papierartig dünne, an einem Ende spiralig eingewundene Kahn ist kein Product der Rumpfoberfläche, sondern wird von 2 Tentakeln ausgeschieden, welche zu diesem Zweck blattartig verbreitert sind. Der Argonauta wie den ihm nahestehenden Octopoden fehlt die typische Cephalopodenschale vollkommen (Fig. 349).

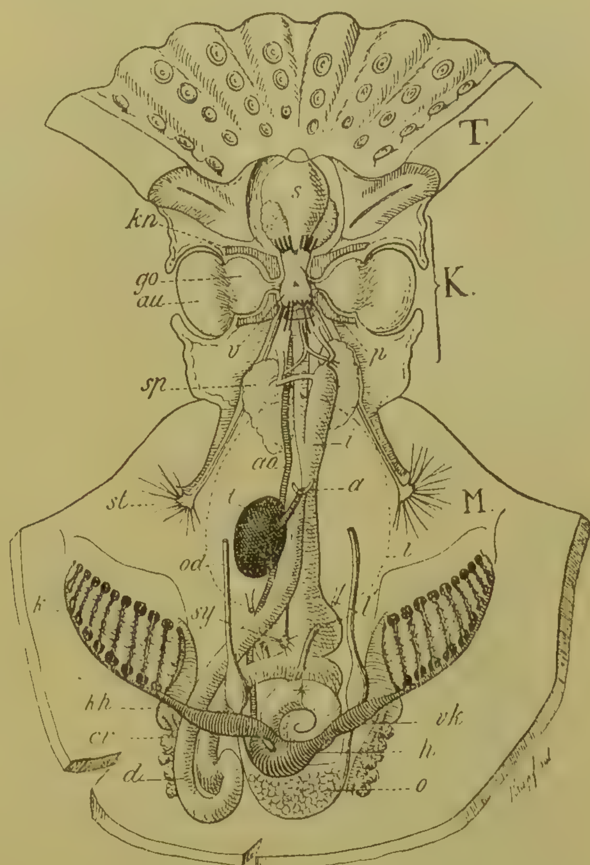


Fig. 342. Anatomie von Octopus vulgaris. *T* Basis des Tentakelkranzes durch einen ventralen Einschnitt auseinander gebreitet. *K* Kopf, *M* Mantel (Rumpfregion) ventral durch einen Längsschnitt gespalten. *s* Schlundkopf mit anliegenden oberen Speicheldrüsen, *i* Kropf (Anhang des Oesophagus), *sp* untere Speicheldrüsen, *sy* Magen mit sympathischem Ganglion, * Spiralblindsack, *l* Leber und *l'* Gallengänge (die Lage der Leber ist nur durch eine punktirte Linie angedeutet, die Gallengänge durchschnitten), *a* After, *t* Tintenbeutel (in der Leber eingelassen); *h* Körperherz, *vk* Vorkammer desselben, *ao* Aorta, *kh* Kiemenherzen, *cv* Vena cava mit Nierenanhängen, *k* Kiemen; *o* Ovar, *od* Oviducte; *p* Pedalganglion, *v* Visceralganglion, *go* G. opticum, *au* Auge mit Augenlid, *st* G. stellatum, *kn* Kopfknorpel.

Mantelhöhle.

Oeffnet man nun durch einen ventralen Einschnitt die Mantelhöhle (Fig. 339), so findet man im Hintergrund derselben 2 (bei Nautilus 4) Kiemenbüschel, weiter vorn davon in der Medianlinie die Afteröffnung und links und rechts zu dieser gestellt die Nierenmündungen. Am weitesten seitlich liegen die bald paarigen, bald unpaaren Geschlechtsöffnungen (Fig. 342). Durch den Einschnitt in den Mantel ist selbstverständlich der Eingeweidesack selbst noch nicht geöffnet; man muss erst noch die hintere Wand der Athemhöhle spalten, um den Darm und die übrigen inneren Organe zu Gesicht zu bekommen.

Darm.

Die Mundöffnung wird bei den Cephalopoden von 2 kräftigen Kiefern eingefasst, welche die Gestalt der Hornscheiden eines Papageischnabels haben und gefährliche Angriffswaffen bilden (Fig. 344). Der dann folgende musculöse Schlundkopf enthält im Inneren

eine Radula und setzt sich in einen langen, öfters mit einer kropfartigen Ausstülpung versehenen Oesophagus fort; am Ende des letzteren befindet sich eine Ausweitung, der Magen, und dicht daneben ein öfters spiralig eingewundener Blinddarm. Das Darmrohr wendet sich von hier bogenförmig nach vorn und beschreibt in seinem Verlauf zum After einige Windungen. (Fig. 342.)

Anhangsorgane des Darms sind 1 oder 2 Paar Speicheldrüsen (obere und untere) und 2 häufig zu einem einheitlichen Körper verschmolzene Leberlappen. Die von der Leber ausgehenden paarigen Gallengänge münden in den Blinddarm und können in ihrem Verlauf mit accessorischen Drüsenträubchen, die man dann Pancreas nennt, besetzt sein. Dicht neben dem After öffnet sich endlich noch der Tintenbeutel, welcher zu dem Namen Tintenfische geführt hat; derselbe ist ein mit langem Ausfuhrweg versehener Sack, der im Innern eine schwärzliche Masse secernirt. Wenn der Tintenfisch verfolgt wird, so spritzt er das Secret seines Tintenbeutels aus und trübt dadurch weithin das Wasser, so dass er nicht gesehen werden kann. Am stärksten entwickelt ist das Organ bei der Sepia officinalis, bei welcher es technisch zur Bereitung der unter dem Namen Sepia kekannten Farbe verwerthet wird.

Nervensystem.



Fig. 343. Nervensystem von Sepia officinalis in seitlicher Ansicht; *mb* Schlundkopf, *oe* Oesophagus, *gc* Ganglion cerebrale, *gp* G. pedale, *gv* G. viscerale, *gbs* G. buccale superius, *Gbi* G. buccale inferius, *op* Opticus.

Dicht hinter dem Schlundkopf wird der Darm von den eng vereinigten Ganglien des Nervensystems umfasst (Fig. 343): eine dorsale einheitliche Masse repräsentirt die Hirnganglien; durch breite Commissuren mit denselben vereint und auch von einander wenig gesondert liegen ventral die Pedal- und Visceralganglien (Viscero-pleuro-parietalganglien); dazu gesellen sich die auch bei Schnecken vorhandenen oberen und unteren Buccalganglien. Was aber das Nervensystem der Cephalopoden ganz besonders auszeichnet, sind die G. optica, welche, in den Verlauf des vom Hirn kommenden Opticus eingeschaltet, die grössten Nervenknoten des Körpers darstellen (Fig. 342). Ebenfalls sehr ansehnlich sind die Ganglia stellata oder Mantelganglien, welche an der Basis der Mantelfalten links und rechts angebracht sind und ihren Namen den in die Mantelmuskulatur ausstrahlenden Nerven verdanken. Ein unpaares sympathisches Ganglion endlich nimmt die Stelle ein, wo Magen und Spiraldarm zusammentreffen. Cerebral-, Pedal-, Visceral- und Augenganglien sind vollkommen von Knorpel umhüllt, der einen Ring mit flügelartigen Anhängen darstellt; Knorpel durchwächst auch die Wand des Augapfels, demselben die Sclera liefernd. In der ventralen Spange des Knorpelrings liegen ferner die ansehnlichen Hörbläschen. Als Geruchsgrübchen werden zwei Einsenkungen gedeutet, die hinter den Augen münden.


Fig. 344. Kiefer von Sepia officinalis.

Blutgefasssystem.

Im Blutgefässsystem der Cephalopoden ist das Merkwürdigste das Vorkommen von zweierlei Herzen (Fig. 342); das Körperherz

besteht aus zwei von den Kiemen das arterielle Blut beziehenden Vorkammern und einer medianen unpaaren Kammer, welche vor- und rückwärts Aorten abgiebt. Zum Körperherzen kommen weiterhin die paarigen Kiemenherzen, welche an der Basis der Kiemenbüschel gelegen das venöse Blut in diese hineinpumpen. Sie erhalten das Blut vorwiegend durch ein unpaares grosses Blutgefäss zugeführt, welches Vena cava heisst und sich in einen linken und rechten, die correspondirenden Herzen versorgenden Ast gabelt. Diese von vorn kommenden Venen, sowie einige von rückwärts ebenfalls zu den Kiemenherzen verlaufenden Gefässe sind für die Bildung der Niere von grosser Bedeutung. Die oben schon erwähnten Nierenmündungen führen in zwei geräumige Säcke, durch deren Inneres die Venen schräg hindurch verlaufen (Fig. 339). Soweit letztere in den Nierensäcken eingeschlossen sind, sind sie mit den Venenanhängen bedeckt, Aussackungen des Venenlumens, deren Oberfläche von einem dicken Belag excretorischer Zellen überzogen ist. Sie sind der Lieblingsaufenthalt höchst merkwürdiger Parasiten, die unter dem Namen *Dicyemiden* bekannt sind und ihrem Bau nach zwischen Protozoen und Coelenteraten stehen. Nahe seiner Ausmündung communicirt jeder Nierensack durch eine kurze Röhre (Nierenspritze) mit einem Hohlraumsystem, welches unzweifelhaft als Pericard angesehen werden muss, da es Körperherz und Kiemenherz umschliesst. Seine Deutung als Rest einer echten Leibeshöhle gewinnt an Wahrscheinlichkeit durch die Wahrnehmung, dass der Hohlraum ferner mit der Geschlechtskapsel in Verbindung steht. Niere.

Geschlechtsorgane.

Die Geschlechtskapsel, das Ovar oder der Hoden, ist bei allen Tintenfischen ein unpaarer ansehnlicher Körper, der am meisten rückwärts am hinteren Ende liegt. Bei männlichen und weiblichen *Nautiliden*, sowie bei den Weibchen der *Octopoden* und einiger *Decapoden* (*Oegopsiden*) geht von ihm ein linker und rechter Ausführweg aus; sonst findet sich nur ein Ausführgang auf der linken Seite. Beim Weibchen können unabhängig von den Ausführwegen accessorische Drüsen (Nidamentaldrüsen) vorkommen; der Oviduct selbst ist ein relativ einfacher Canal mit drüsigen Einlagerungen; das Vas deferens des Männchens dagegen ist complicirter (Fig. 345) und zeigt Anschwellungen, welche als Samenblase, Prostata und Spermatophorenbehälter unterschieden werden. In letzterem werden die Spermatophoren oder Needham'schen Schläuche gebildet, welche einen so verwickelten Bau haben und im Wasser in Folge von Quellung so merkwürdige Bewegungen ausführen, dass sie eine Zeit lang für parasitische Würmer gehalten wurden (Fig. 346).

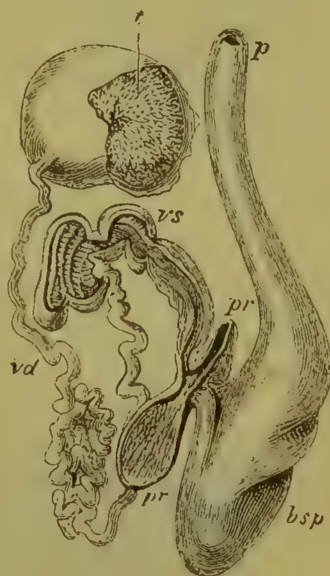


Fig. 345. Männliche Geschlechtsorgane von Sepia officinalis (aus Huxley). *t* Hoden durch Spalten der Hodenkapsel freigelegt, *vd* gewundenes Vas deferens, *vs* Vesicula seminalis (der Länge nach aufgeschnitten), *pr* Prostata (geöffnet), *bsp* Spermatophorentasche (Needham'sche Tasche), *p* Geschlechtsöffnung.

Die Uebertragung der Spermatozoen auf das Weibchen wird durch die zu diesem Zweck mehr oder minder umgestalteten Tentakeln des

Männchens bewirkt. Bei einigen Gattungen wird der betreffende Tentakel zum „Hectocotylus“; er schwillt an seiner Basis zu einem

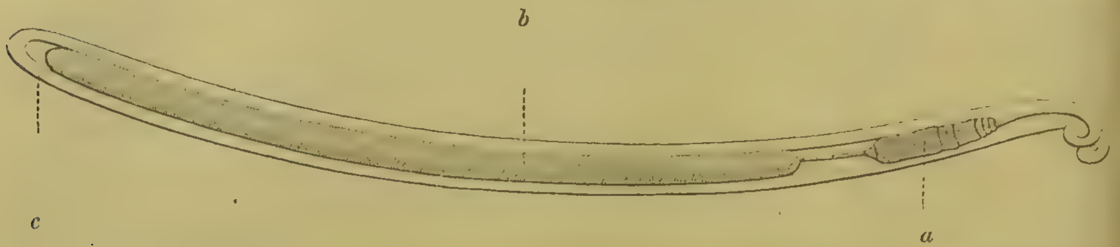


Fig. 346. Spermatophore (Needham'scher Schlauch) eines Cephalopoden (aus Hatschek). *a* Austreibeapparat, *b* Spermatozoenkapsel, *c* äussere Hülle.

Sack an, in welchem das periphere Ende geborgen wird (Fig. 347). Letzteres erhält einen Canal zur Aufnahme der Spermatophoren, löst sich ab und kann so Tage lang in der Mantelhöhle des Weibchens herumkriechen. Da es den Eindruck eines selbständigen Thieres macht, wurde es lange Zeit unter dem Namen „Hectocotylus“ als ein Parasit, später als das rudimentäre Männchen der Cephalopoden beschrieben.

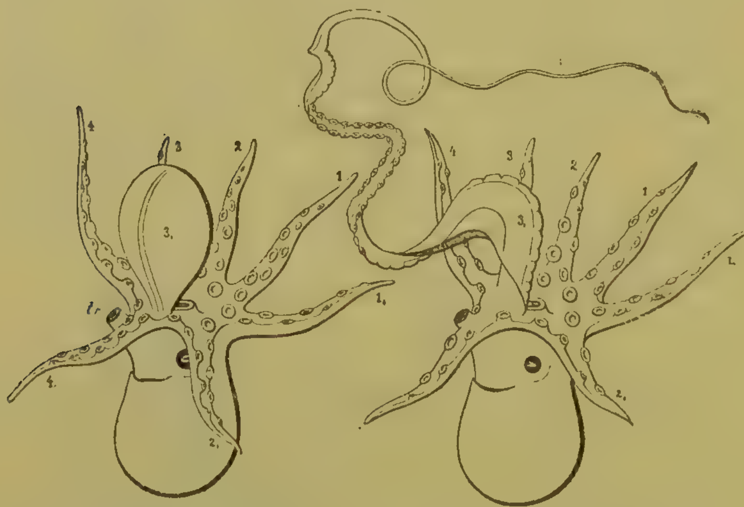


Fig. 347. Männchen von Argonauta Argo. *tr* Trichter, *1—4* die Arme der rechten Seite, *1,—4,* die Arme der linken Seite, *3,* der hectocotylisirte Arm, links noch in der Hülle eingeschlossen, rechts aus ihr ausgestülpt (aus Hatschek).

Entwicklung. Die Eier der Cephalopoden werden einzeln an Wasserpflanzen befestigt

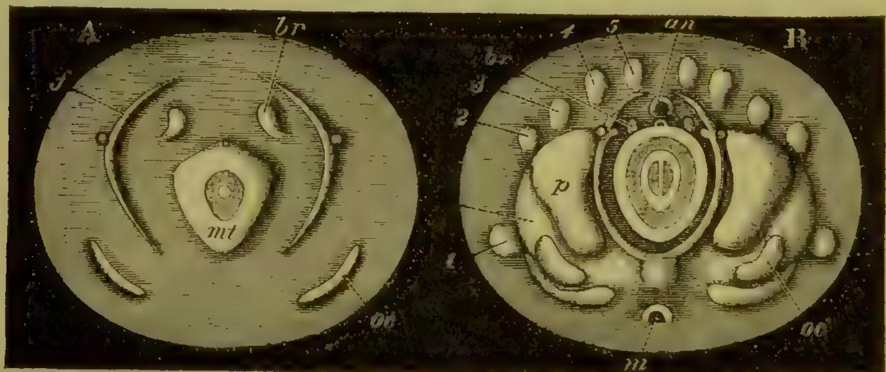


Fig. 348 A und B. 2 verschieden alte Keimscheiben von Sepia officinalis (aus Balfour nach Kölliker). *mt* Mantel mit Schalendrüse, *br* die Kiemenanlagen, *f* die paarigen Anlagen des Trichters, *oc* Auge, *p* Kopflappen, *an* After, *m* Mund, *1, 2, 3, 4, 5,* die Anlagen der fünf Arme der einen Seite.

oder in grossen Qualstern abgesetzt; sie sind sehr dotterreich und erleiden in Folge dessen nur eine partielle discoidale Furchung (Fig. 99, S. 121).

Die Masse der Embryonalzellen bildet eine Keimscheibe an einem Ende des ovalen Eies, in welcher lange Zeit die Anlagen der einzelnen Organe (Augen, Tentakeln, Trichter, Schalensack) flächenhaft neben einander ausgebreitet sind (Fig. 348). Später hebt sich der Embryonalkörper vom Dotter ab, welcher eingeschlossen in eine Zellenhülle als Dottersack mit dem Kopf nahe der Mundöffnung und inmitten des Tentakelkranzes in Verbindung bleibt, bis sein Material zum Wachsthum des Embryo gänzlich aufgebraucht und das Thier zum Ausschlüpfen reif ist (Fig. 348 C).

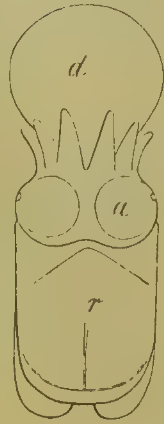


Fig. 348 C. Embryo von Sepia officinalis. *r* Rumpf, *a* Augen, *d* Dottersack.

Die Cephalopoden sind ausschliesslich Meerthiere; theils bewohnen sie felsige Küsten, theils suchen sie das freie Meer auf. Ihre systematische Eintheilung basirt auf der Zahl der Kiemen und der Zahl und Beschaffenheit der Tentakeln.

I. Ordnung. Tetrabranchiaten.

Cephalopoden mit 4 Kiemen, zahlreichen Tentakellappen, einer wohl entwickelten gekammerten Schale (Fig. 340); Trichter aus 2 Klappen, Auge ein einfacher Retinabecher (Fig. 338).

Von lebenden Cephalopoden kennt man nur 4 derselben Gattung Nautilus angehörige, tetrabranchiate Arten, unter denen der *Nautilus Pompilius* L. am verbreitetsten ist. Die Schalen der Thiere werden an den malayischen Inseln sehr häufig vom Meer ausgespült, während das lebende Thier schwer zu erhalten ist. In früheren Perioden der Erdgeschichte waren die Tetrabranchiaten weit verbreitet. Die *Nautiliden* werden am meisten in den paläozoischen Schichten gefunden, während die *Ammoniten* in dem mesozoischen Zeitalter ihre Blüthe hatten; da von letzteren keine lebenden Repräsentanten mehr existiren, kann man nur aus der Structur ihrer Schale ihre Zugehörigkeit zu den Tetrabranchiaten erschliessen.

II. Ordnung. Dibranchiaten.

Cephalopoden mit 2 Kiemen, 8 — 10 kräftigen, mit Saugnäpfen bewaffneten Armen, hochorganisirten Augen, rudimentärer Schale.

I. Unterordnung. *Decapoden* mit 10 Armen, Schale rudimentär, aber vorhanden. Bei den *Spiruliden* ist die Schale ein kleines posthornartig gekrümmtes, gekammertes Gehäuse, welches im Mantel verborgen liegt: *Spirula Peronii* Lam. (Fig. 341); sonst ist sie ein bei einem Theil der Arten verkalkter, bei einem anderen unverkalkter „Rückenschulp“: *Myopsiden* und *Oegopsiden.*


Fig. 349. Weibchen von Argonauta argo (nach Rymer Jones).

Zu letzteren gehören die Riesentintenfische der Gattung *Architeuthis*, zu ersteren die schlanken Calamai der Italiener, *Loligo vulgaris* Lam. und die plumpen Sepien, *S. officinalis*, so genannt, weil früher der Rückenschulp als Arzneimittel diente; der mächtige Tintenbeutel liefert die Sepia (Fig. 299).

II. Unterordnung. *Octopoden*, ohne Schalenrudiment, mit nur 8 an der Basis durch eine Schwimmhaut verbundenen Tentakeln (Fig. 335). *Octopodiden: Octopus vulgaris* Lam. *Philonexiden: Argonauta argo* L. (Fig. 349), Papiernautilus. Das Weibchen besitzt eine wie ein Kahn auf dem Wasser treibende Schale (Fig. 349); dieselbe wird aber nicht vom Mantel, sondern von 2 blattartig umgestalteten Armen ausgeschieden. Die Männchen sind sehr viel kleiner und haben keine Schale; ein Arm löst sich als Hectocotylus ab (Fig. 347).

Zusammenfassung der Resultate über Mollusken.

1. Die **Mollusken** oder **Weichthiere** sind parenchymatöse Thiere mit rückgebildeter Leibeshöhle; ihr Körper besteht aus Fuss, Eingeweideknäuel, Mantel und Kopf.

2. Der Fuss ist eine zur Fortbewegung dienende unpaare, ventrale Muskelmasse.

3. Der Kopf trägt die Augen und die Tentakeln.

4. Der Mantel umschliesst die Mantelhöhle, welche stets zur Athmung in Beziehung steht, entweder indem sie selbst als Lunge functionirt, oder indem sie die Kiemen beherbergt; der Mantel bildet durch Ausscheidung auf der Oberfläche die Kalkschale.

5. Der Fuss, der Kopf, der Mantel und mit ihm die Schale können in manchen Gruppen durch Rückbildung verloren gehen.

6. Ausnahmslos stimmen die Mollusken in der Bildung des Nervensystems überein.

7. Constant sind drei Ganglienpaare, die mit drei Sinnesorganen in Verbindung stehen: a) die Cerebralganglien mit den Augen, b) die Pedalganglien mit den Hörbläschen, c) die Visceralganglien mit den Geruchsorganen.

8. Das Herz ist dorsal und arteriell, eingeschlossen in einen mit der Niere durch die Nierenspritze communicirenden Herzbeutel (einen Rest der Leibeshöhle).

9. Stets ist eine Kammer vorhanden und je nach der Zahl der Athmungsorgane eine paarige oder unpaare Vorkammer.

10. Der Darm ist hoch entwickelt, mit sehr grosser Leber, meist auch mit Speicheldrüsen versehen; der Mehrzahl der Mollusken kommt ein Schlundkopf mit Kiefern und Radula zu.

11. Während der Entwicklung tritt häufig die Veligerlarve auf.

12. Nach der Bildung der Athmungsorgane und der Körperanhänge theilt man die Mollusken in 4 Classen: 1. Amphineuren, 2. Acephalen oder Lamellibranchier, 3. Cephalophoren oder Gastropoden, 4. Cephalopoden.

13. Die **Amphineuren** haben ein äusserst primitives Nervensystem, indem die typischen drei Molluskenganglien durch Nervenstränge ersetzt sind.

14. Die **Acephalen** oder **Lamellibranchier** entbehren des Kopfs und der Kopfaugen.

15. Sie sind bilateral symmetrisch und haben demgemäss paarige Organe: linke und rechte Mantelfalten, Schalen, Nieren und Geschlechtsorgane.

16. Jederseits finden sich 2 Paar lamellöse Kiemen.

17. Demgemäss hat das Herz zwei Vorkammern; die unpaare Kammer wird vom Mastdarm durchbohrt.

18. Der Fuss ist eine häufig byssustragende, beilförmige Muskelmasse.

19. Die Schale besteht aus Perlmutterschicht, Prismenschicht und Cuticula; sie wird durch 1—2 Adductoren geschlossen, durch ein elastisches Ligament geöffnet.

20. Nach der Beschaffenheit des Mantelrands theilt man die Lamellibranchier in Asiphonier und Siphoniaten.

21. Bei den *Asiphoniern* sind der linke und der rechte Mantelrand in ganzer Ausdehnung durch einen Schlitz getrennt.

22. Bei den *Siphoniaten* ist der Mantelschlitz durch Verwachsen der Ränder bis auf 3 Oeffnungen geschlossen, 1. einen vorderen Schlitz für den Fuss, 2. eine obere, hintere Oeffnung zur Entleerung der Fäcalien und des Athemwassers, Aftersipho, 3. eine untere, hintere Oeffnung zur Einführung der Nahrung und des Athemwassers, Branchialsipho.

23. Die **Cephalophoren** oder **Schnecken** haben einen besonderen, Augen und Tentakeln tragenden Kopf, einen zum Kriechen dienenden sohlenförmigen Fuss, einen selten fehlenden unpaaren Mantel und eine unpaare Schale.

24. Die gewöhnlich unpaare Mantelhöhle enthält selten 2, meist 1 Kiemenbüschel oder ist unter Rückbildung der Kieme zur Lunge geworden.

25. Niere und Herzvorkammer sind nur selten (bei doppelter Kieme) paarig; die bald hermaphroditen, bald gonochorostischen Geschlechtsorgane sind stets unpaar.

26. Unpaar ist stets auch die Schale, gewöhnlich ein spiral und zwar dexiotrop gewundenes, durch ein Operculum verschliessbares Gehäuse.

27. Nach der Beschaffenheit des Nervensystems und des Geschlechtsapparats, nach Lage und Bau des Herzens und der Respirationsorgane theilt man die Cephalophoren ein in 1. Opisthobranchier, 2. Prosobranchier, 3. Heteropoden, 4. Pteropoden, 5. Pulmonaten, 6. Scaphopoden.

28. Die *Opisthobranchier* sind hermaphrodit, orthoneur (vergl. Seite 317), haben gar keine oder sehr verschiedenartig gestaltete Kiemen, eine stets hinter der Herzkammer gelagerte Vorkammer; Schale und Mantel sind rudimentär oder fehlen.

29. Die *Prosobranchier* haben 1 weit nach vorn gelagertes Kiemenbüschel (ausnahmsweise 2), in Folge dessen eine vor der Herzkammer gelagerte Vorkammer, sind chiastoneur (vergl. Seite 317) und getrennt geschlechtlich, Schale und Mantel sind gut entwickelt.

30. Die *Heteropoden* sind pelagische Prosobranchier mit einem in Schwanz und Flosse gespaltenen Fuss, mit rudimentärer Schale oder nackt.

31. Die *Pteropoden* sind pelagische Opisthobranchier, deren Fuss in 2 flügelartige Fortsätze umgewandelt ist; Schale rudimentär oder fehlend.

32. Die *Pulmonaten* sind in einem Theil ihrer Organisation opisthobranchierähnlich (orthoneur und hermaphrodrit), im anderen Theil prosobranchierähnlich (Lage der Vorkammer, Entwicklung von Schale und Mantel); sie besitzen eine als Lunge functionirende Mantelhöhle.

33. Die *Scaphopoden* sind Mittelformen zwischen Lamellibranchiern und Cephalophoren.

34. Die **Cephalopoden** haben keinen echten Fuss, dagegen als homologe Theile den Trichter und die an den Kopf verlagerten, meist mit Saugnäpfen besetzten Tentakeln; sie haben einen unpaaren Mantel und eine unpaare oder gar keine Schale.

35. Die unpaare Mantelhöhle enthält 1 oder 2 Paar Kiemenbüschel. Aus der Mantelhöhle wird das Wasser durch den Trichter, eine unpaare Röhre, entleert.

36. Entsprechend der Duplicität der Kiemen sind 2 Vorkammern und 2 Nierensäcke vorhanden, ausser dem Körperherz finden sich 2 bei Mollusken sonst nicht vorkommende Kiemenherzen.

37. Der Geschlechtsapparat ist gonochoristisch.

38. Ein den Cephalopoden eigenthümliches Organ ist der Tintenbeutel.

39. Besonders hoch entwickelt ist das Auge (Retina, Chorioidea, Iris, Cornea, Glaskörper, Linse) und das Nervensystem (Ganglia optica, G. stellata, G. sympathicum).

40. Die Eier zeichnen sich durch discoidale Furchung aus.

41. Man theilt die Cephalopoden ein in Tetrabranchiaten und Dibranchiaten.

42. Die *Tetrabranchiaten* (mit Ausnahme des Nautilus ausgestorben) haben 4 Kiemen, eine gekammerte Schale, anstatt der Tentakeln zahlreiche Kopflappen.

43. Die *Dibranchiaten* haben 2 Kiemen, eine rudimentäre oder gar keine Schale, 8—10 Tentakeln.

VI. Stamm.

Arthropoden, Gliederfüssler.

Bei der Besprechung der Arthropoden gehen wir davon aus, dass die unter diesem Namen zusammengefassten Spinnen, Krebse, Tausendfüsse und Insecten von Cuvier früher mit den Anneliden zum Stamm der Articulaten vereinigt wurden und dass es jetzt noch viele Zoologen giebt, welche an dieser Vereinigung festhalten. Da sich hieraus entnehmen lässt, dass Arthropoden und Anne-

liden in vielen Punkten übereinstimmen, wollen wir die gemeinsamen Merkmale voranstellen und daran erst die Besonderheiten anreihen, welche für uns maassgebend sind, beide Thiergruppen zu trennen.

Anneliden und Arthropoden sind gegliederte Thiere und unterscheiden sich gemeinsam von den ebenfalls gegliederten Wirbelthieren durch die Deutlichkeit der äusseren Segmentirung oder der Ringelung des Körpers. Die Grenzen zweier auf einander folgender Segmente, welche in der Haut eines Fisches oder eines anderen Wirbelthieres nicht wahrnehmbar sind, sind bei den Articulaten durch Einkerbungen der Körperoberfläche markirt, worauf die alten Namen: „ἔντομα“, „Insecta“, „Kerbthiere“ Bezug nehmen. Ferner haben sämmtliche Articulaten ein Strickleiternervensystem, indem sich zu den bei den meisten wirbellosen Thieren vorhandenen Hirnganglien noch die metamer angeordnete Ganglienkette des Bauchmarks hinzugesellt. Was nun vornehmlich die Arthropoden von den Anneliden unterscheidet, ist zweierlei: 1. die besondere Art der Gliederung, 2. die Anwesenheit gegliederter Extremitäten. Verwandtschaft mit Anneliden.

Schon bei äusserer Betrachtung der Gliederung eines Arthropoden fällt zumeist auf, dass die Segmentgrenzen viel tiefer eingeschnitten sind als bei einem Ringelwurm. Die Ursache hierzu ist in der Beschaffenheit der Haut zu suchen, welche zu einem äusserst festen Panzer erstarrt und 2 Schichten unterscheiden lässt: die Epidermis (vielfach auch Hypodermis, Chitinogenmembran genannt) und die Chitinschicht (vergl. Fig. 24 f, S. 58). Die Epidermis ist eine meist unscheinbare Lage eines einschichtigen Platten- oder Pflasterepithels. Die Chitinschicht ist dagegen von ansehnlicher Dicke und, da sie als eine Cuticula vom Epithel ausgeschieden wird, der Oberfläche parallel geschichtet; ihre grosse Festigkeit hängt mit der chemischen Beschaffenheit des Chitins zusammen, welches sich von den meisten organischen Verbindungen durch seine Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und Alkalien unterscheidet und nur beim Kochen mit Schwefelsäure in Zucker und Ammoniak zerlegt wird. Unterschiede von Anneliden. Panzerung.

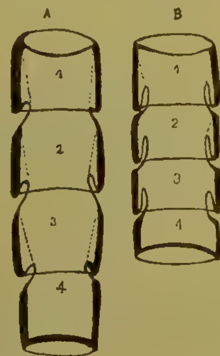


Fig. 350. Schema der Arthropodenringelung. *1—4* 4 Ringe mit ihren Gelenkhäuten, *A* im ausgedehnten, *B* im contrahirten Zustand (nach Graber).

Der harte, derbe Chitinpanzer würde dem Thiere jede Bewegung des Körpers unmöglich machen, wenn er nicht aus einzelnen gelenkig verbundenen Theilen bestände (Fig. 350), deren Grenzen mit den Segmentgrenzen zusammenfallen. Während die Segmente gepanzert sind, verdünnt sich das Chitin an den Grenzen zu einem zarten Gelenkhäutchen; dasselbe ist aber verborgen, damit die weichhäutige Stelle dem Thiere nicht zum Verderben gereiche, indem jedes hintere Segment mit seinem Anfang unter das Ende des vorderen Segments geschoben ist. So kommt eine an ein Fernrohr erinnernde Verbindungsweise der Segmente zu Stande, welche nothwendigerweise tiefe Einkerbungen der Körperoberfläche veranlasst.

Da die Deutlichkeit der Ringelung mit der Panzerung des Körpers zusammenhängt, verwischt sie sich, sowie das Bedürfniss nach Panzerung des Körpers aufhört. Ein lehrreiches Beispiel sind die *Paguren* oder Einsiedlerkrebse, die sich mit ihrem Hinterleib in ein Schneckenhaus einnisten:

nur so weit als der Körper aus der Schale heraustritt, ist er gepanzert: der Hinterleib ist weichhäutig und demgemäss auch ohne jede Spur von Ringelung (Fig. 397, S. 378).

Häutung.

Der Chitinpanzer der Arthropoden bedingt einige weitere Eigenthümlichkeiten, welche wir, obwohl sie mit der Gliederung nicht im Zusammenhang stehen, hier gleich anschliessen wollen; zunächst die periodischen Häutungen der Thiere. Das Chitinkleid, einmal fertig gestellt und erhärtet, ist keiner weiteren Ausdehnung fähig und würde ein Wachsthum unmöglich machen, wenn es nicht entfernt werden könnte. Hat daher die Körpermasse eines Arthropoden so weit zugenommen, dass sie das Chitinkleid vollkommen ausfüllt, so platzt letzteres an bestimmten Stellen, den Nahtlinien; das weichhäutige Thier zieht sich aus dem alten Hemd, der „Exuvie", heraus und kann sich nun innerhalb des neuen Kleides, das sofort gebildet wird, zunächst aber noch weich und dehnbar ist, vergrössern.

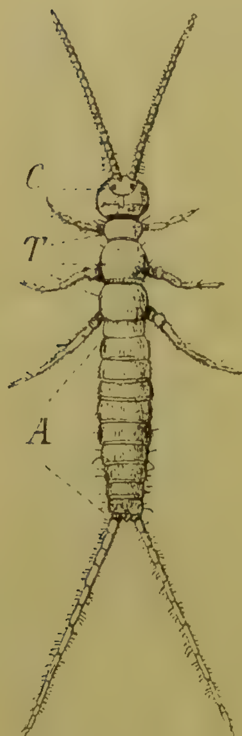


Fig. 351. Campodea staphylinus. *C* Kopf, *T* Thorax, *A* Abdomen (aus Huxley).

Eine weitere Folge des Panzers ist die eigenthümliche Beschaffenheit der Haare, sowohl der gewöhnlichen Körperhaare als auch der zu Sinnesempfindungen dienenden Tast- und Hörhaare: auch sie sind cuticulare Gebilde, die meist von einer einzigen Epidermiszelle ausgeschieden und bei der Häutung erneuert werden. Ein Chitinhaar sitzt im angrenzenden Chitin beweglich mit einem Gelenkkopf in einer Art Gelenkpfanne eingelassen und enthält im Innern einen Canal, in den ein Ausläufer der unterliegenden Matrixzelle eindringt; dient das Haar zu Sinneswahrnehmungen, so steht es ausserdem noch mit einem Nerven in Zusammenhang (Fig. 74, S. 98).

Heteronomie. Körperregionen.

Ein weiteres wichtiges Merkmal der Arthropodengliederung ist die Heteronomie der Segmente, welche bei den niedersten Formen (Peripatus und Myriapoden) noch wenig auffällig ist, bei den höher organisirten dagegen zu einer ausserordentlichen Ungleichwerthigkeit der Körperabschnitte und demgemäss auch zu einer grösseren Centralisation des Baues führt. Man kann verschiedene Körperregionen unterscheiden. Stets sind einige wenige Segmente am vorderen Ende unter einander verschmolzen und bilden den Kopf (Fig. 351 *C*); darauf folgt gewöhnlich ein weiterer Segmentcomplex, der Thorax oder die Brust (*B*), und ein dritter, das Abdomen (*A*). Eine scheinbare Vereinfachung der Körperregionen kann eintreten, wenn Kopf und Thorax unter einander zu einem einheitlichen Stück, dem Kopfbrustschild oder Cephalothorax (Fig. 352 *Ct*) verschmelzen; umgekehrt kann die Zahl der Regionen sich vermehren, wenn das Abdomen in 2 Unterregionen sich gliedert, eine vordere, das Abdomen im engeren Sinne, und eine hintere, das Postabdomen. (Fig. 353 *P*.) Bei manchen Arthropoden endlich, wie den Milben (Fig. 354), ist es ganz unmöglich, Körperregionen oder auch nur Ringelung zu erkennen, weil hier eine innige Verschmelzung der Körpertheile die äusseren Merkmale der Gliederung vollkommen verwischt hat.

Um nun die Unterschiede zu verstehen, welche durch die Namen Kopf, Thorax, Abdomen etc. ausgedrückt werden sollen, müssen wir

Extremitäten.

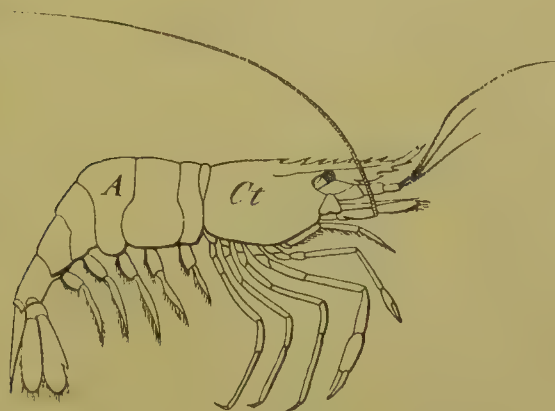


Fig. 352.



Fig. 354.

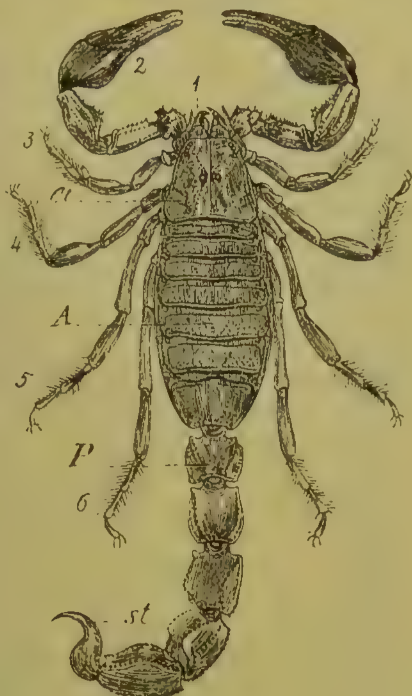


Fig. 353.

Fig. 352. Palaemon serratus (aus Leunis-Ludwig). *Ct* Cephalothorax, *A* Abdomen.
Fig. 353. Buthus australis (aus Blanchard). *Ct* Cephalothorax, *A* Abdomen, *P* Postabdomen, *st* Giftstachel; *1* Kieferfühler, *2* Kiefertaster, *3—6* vier Beinpaare.
Fig. 354. Gammasus Coleoptratorum (aus Taschenberg).

zuvor noch das an zweiter Stelle genannte Merkmal, welches die Arthropoden vor den Anneliden voraus haben, die gegliederten Extremitäten, besprechen. Dieselben sind systematisch von so grosser Bedeutung, dass auf sie sich der Name „Arthropodes", „Gliederfüssler" bezieht, der an die Stelle von „Articulata", „Gliederthiere", getreten ist. Die Arthropodengliedmassen sind höher entwickelte Parapodien der Anneliden; während aber die letzteren Auswüchse sind, welche in den Rumpf noch continuirlich übergehen und daher die Bewegungen desselben zwar unterstützen, aber keine Eigenbewegungen ausführen können, sind die Extremitäten der Arthropoden 1. gegen den Körper gelenkig abgesetzt, 2. selbst wieder aus einzelnen gelenkig verbundenen Stücken gebildet, 3. endlich mit einer eigenen Muskulatur versehen, so dass sie einen selbständig beweglichen Hebelapparat darstellen. Jedes Körpersegment besitzt nur 1 Paar Extremitäten, welches der ventralen Seite angehört; wenn an einem ungegliederten Stück mehrere Paare vorhanden sind, so kann man mit Bestimmtheit daraus schliessen, dass das betreffende Stück auch aus mehreren Segmenten, genauer gesagt, aus so viel Segmenten, als es Gliedmassenpaare trägt, verschmolzen ist. Der ungegliederte Kopf eines Insectes enthält z. B. 4 Segmente, der Cephalothorax unseres Flusskrebses

13 Segmente, weil jener mit 4, dieser mit 13 Extremitätenpaaren ausgerüstet ist. Die Entwicklungsgeschichte liefert hierfür sichere Beweise, da am Embryo die Segmentgrenzen noch erhalten sind. — Es ist nun keineswegs nöthig, dass jedes Segment sein Extremitätenpaar besitzen muss, da die Gliedmassen vielfach rückgebildet werden, ohne Spuren zu hinterlassen.

Function der Extremitäten.

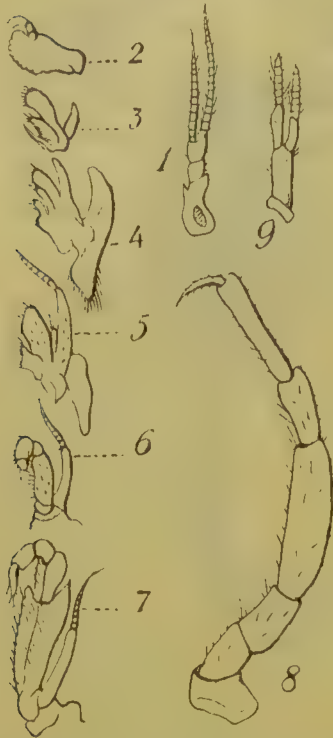


Fig. 355. Die wichtigsten Extremitätenformen des Flusskrebses. *1* Erste Antenne mit dem Eingang in das Hörbläschen, 2 Mandibel, *3* u. *4* erste und zweite Maxille, *5*—7 Pedes maxillares, *8* Schreitbein, *9* Pes spurius.

Die Extremitäten dienen bei den Arthropoden sehr mannichfachen Functionen (Fig. 355). Ihre primäre Aufgabe ist die Ortsbewegung; locomotorische Gliedmassen oder „Füsse" sind lang gestreckt und aus einer grossen Zahl gut entwickelter Glieder gebildet, die entweder zu Rudern abgeplattet, oder zum Zwecke des Kriechens mit Krallen am Ende ausgerüstet sind (*8*). Ausser locomotorischen Extremitäten giebt es aber noch tastende oder Antennen (*1*), kauende oder Kiefer (*2—4*), Extremitäten von variablen Functionen, Pedes spurii (*9*) und endlich Uebergangsformen zwischen Beinen und Kiefern, die Kieferfüsse oder Pedes maxillares (*5—7*).

Die Antennen sind abgesehen von ihrer Tastfunction vornehmlich durch ihre Lage und Innervirung charakterisirt; sie entspringen vor der Mundöffnung von der Stirne und empfangen ihre Nerven demgemäss auch vom oberen Schlundganglion, während alle übrigen Gliedmassen vom Bauchmark aus innervirt werden. In ihrer Gestalt sind die Antennen den Beinen nicht unähnlich, indem sie langgestreckt bleiben, nur haben sie keine Endklauen, obwohl es schon als Missbildung beobachtet wurde, dass Antennen wie echte Beine Klauen tragen.

Auffälliger ist die Gestalt der kauenden Extremitäten modificirt; zur Zerkleinerung der Nahrung dient stets nur die aus 1 oder 2 Gliedern bestehende Basis; die basalen Glieder werden kräftige Stücke und bekommen auf der der Medianlinie zugewandten Seite eine derbe, in Zähne und Höcker erhobene Chitinbekleidung (Fig. 355_2, 361 III, V, 407). Die übrigen Glieder können ganz schwinden oder erhalten sich als ein beinartiger Anhang, der Taster oder Palpus. Da mehrere Extremitäten zu Kiefern ausgebildet sein können, nennt man die erste in der Reihe Mandibel, die zweite Maxille, welcher dann noch eine zweite Maxille folgen kann. Die Pedes maxillares sind Zwischenformen, welche bald mehr an Beine, bald mehr an Kiefer erinnern (Fig. 355, 5—7). Pedes spurii oder Afterfüsse endlich sind kleine unscheinbare Extremitäten, die zur Aushilfe für die verschiedensten Leistungen herangezogen werden; sie können als Kiemen oder Kiementräger functioniren, als Träger der Eier oder zum Uebertragen des Sperma; sie können auch das Schwimmen und Kriechen unterstützen.

Die genannten Extremitäten haben im Körper der Arthropoden

eine constante Anordnung, welche durch die Natur der Verhältnisse bestimmt wird. Zuvorderst am Kopf stehen die Antennen, dann folgen im Umkreis des Mundes die Kiefer und, sofern sie überhaupt vorhanden sind, die Kieferfüsse; eine dritte Gruppe bilden die eigentlichen Beine, eine vierte die sehr häufig fehlenden Afterfüsse. Auf diese regelmässige Anordnung gründet sich auch die Unterscheidung der einzelnen Körperregionen. Zum Kopf rechnen wir alle Segmente, welche Antennen und Kiefer tragen, zum Thorax die mit Beinen ausgerüsteten Segmente; das Abdomen endlich ist durch die Anwesenheit der Pedes spurii oder den gänzlichen Extremitätenmangel ausgezeichnet. Demzufolge würde Cephalothorax ein Körperabschnitt sein, von dem ausser den Antennen und Kiefern auch noch die Beine entspringen.

Die Verschmelzung oder engere Vereinigung gleichwerthiger Segmente zu Körperabschnitten übt ihren Einfluss auch auf die innere Anatomie, vornehmlich auf die Beschaffenheit des Nervensystems aus (Fig. 356). Ein Strickleiternervensystem besteht, wie in der allge- Nervensystem.

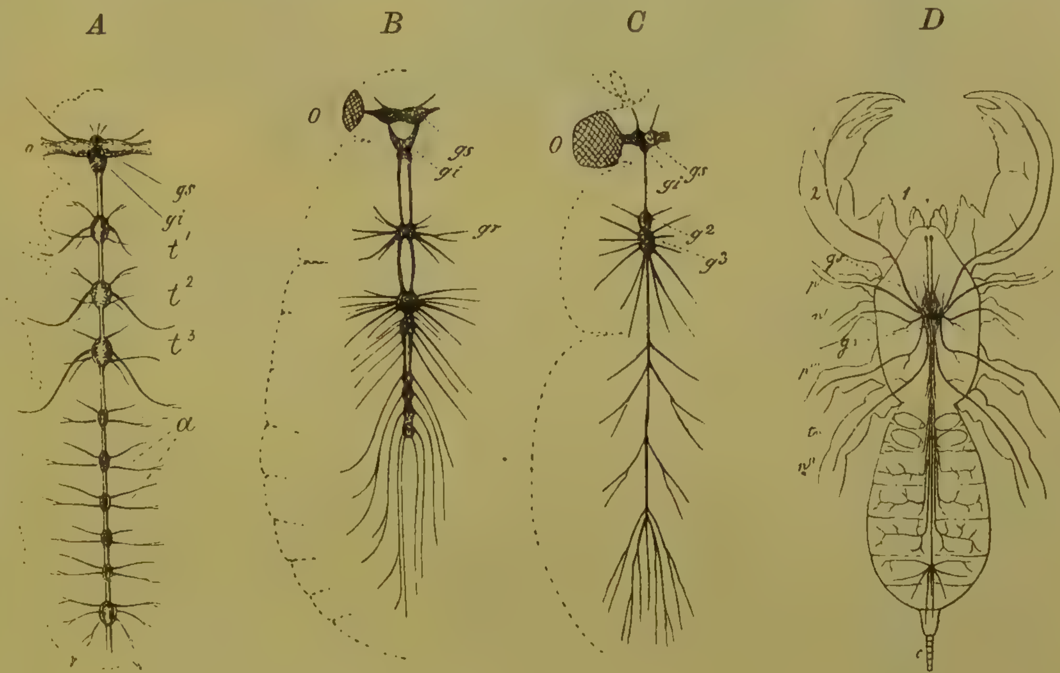


Fig. 356. Verschiedene Grade der Concentration des Bauchmarks von Arthropoden (aus Gegenbaur). *A* einer Termite (nach Lespès), *B* eines Wasserkäfers (nach Blanchard), *C* einer Fliege (nach Blanchard), *D* einer Spinne (nach Blanchard). *gs* oberes, *gi* unteres Schlundganglion, *gr*, g_2, g_3 Ganglien des Bauchstrangs, t^1—t^3 Brustsegmente, *a* Abdomen, *o* Augen, *tr* Tracheenlungen, p^{I} —p^{IV} Beine, *1* Kieferfühler, 2 Kiefertaster.

meinen Zoologie (S. 96) gezeigt wurde, aus dorsalem Hirn und ventralem Bauchmark, welche durch die links und rechts den Schlund umfassenden Commissuren mit einander verbunden sind. Das Bauchmark sollte nun ebenso viele durch Längscommissuren verbundene Paare von Ganglienknötchen zählen, als Segmente vorhanden sind. Indessen ist das bei keinem Arthropoden, ausser zur Zeit des Embryonallebens, der Fall; die Regel ist vielmehr, dass mehrere Ganglienpaare zusammenrücken und verschmelzen, und zwar mit Vorliebe Ganglienpaare, deren Segmente ebenfalls enger vereinigt oder ganz verschmolzen sind. Man findet die verschiedensten Stufen dieser Verschmelzung bei den einzelnen Arten;

bei Krabben und Spinnen können sogar sämmtliche Ganglien des Bauchmarks zu einer einzigen Gangliemnasse vereinigt sein. Von der Verschmelzung ausgeschlossen ist stets das Hirn, da es vermöge seiner dorsalen Lage von dem Bauchmark durch den Schlund getrennt bleibt (Fig. 394, Seite 377).

Sinnesorgane. Von den Sinnesorganen der Arthropoden kennen wir am besten die Augen, unter denen man zwei Typen unterscheidet. das einfache Auge oder Stemma (Ocellus) und das zusammengesetzte Auge oder das Facettenauge. Das einfache Auge (Fig. 357) ist sehr

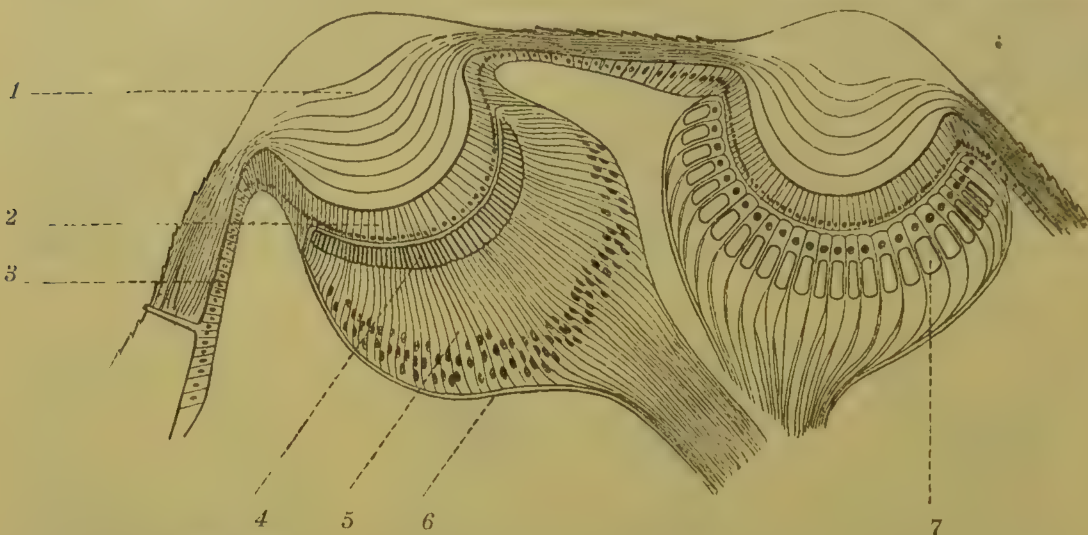


Fig. 357. Durchschnitt durch ein vorderes und ein hinteres Stemma von Epeira Diadema (nach Grenacher aus Carrière). *1* Linse, *2* Glaskörper, *3* Epidermis, *4* Stäbchenschicht, *5* Sehzellenschicht der Retina, *6* umhüllende Basalmembran, 7 Stäbchen, die sich im Inneren der Sehzellen anstatt am vorderen Ende entwickelt haben.

klein und heisst in Folge dessen auch Punktauge: wo es den höchsten Entwicklungsgrad erreicht, wie bei den Spinnen, besteht es aus Linse, Glaskörper und Retina, von welchen Theilen die Linse aus der Chitinschicht des Körpers, der Rest des Auges aus dem Epithel der Epidermis stammt. Wo sich in der Epidermis ein Auge entwickelt hat, hat die Chitinschicht ihre bräunliche Farbe verloren, ist glashell durchsichtig geworden und meist zu einem biconvexen Körper (*1*) verdickt, der die Lichtstrahlen auf die Retina sammelt. Hinter der Linse liegt eine Schicht ansehnlicher durchsichtiger Zellen, der Glaskörper (*2*), und weiterhin die Retina (*5*), gebildet von Zellen, die meist an ihrem peripheren, dem Glaskörper benachbarten Ende die Stäbchen tragen (*4*), am anderen Ende dagegen in Nervenfasern übergehen. Glaskörper und Retina erzeugen gemeinsam eine scharf umschriebene, von Pigment umhüllte kugelige Verdickung im Epithel.

Die zusammengesetzten Augen (Fig. 358) sind sehr viel grösser als die Ocellen; sie verdanken ihren Namen „Facettenaugen“ dem Umstand, dass die Chitinschicht im Bereiche des Sinnesorgans eine zierliche hexagonale Felderung oder Facettirung besitzt. Jede Facette entspricht einer kleinen Chitinlinse; die Gesammtheit aller Linsen, deren Zahl je nach den Arten zwischen einigen Dutzend und mehreren Tausenden schwankt, bildet die Begrenzung des Auges nach aussen und heisst in Folge dessen auch Cornea. Der unter der Cornea gelegene, aus weichen vergänglichen Zellen bestehende Theil des Auges

wird an der von der Cornea abgewandten Basis von einer zarten Haut umschlossen, welche man Sclera nennt; er setzt sich aus radial gestellten,

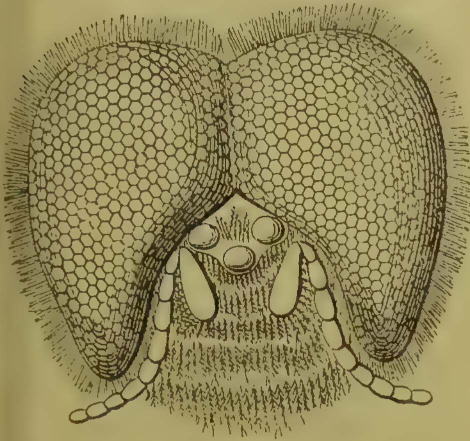


Fig. 358. Kopf der Biene (Drohne) von oben gesehen (nach Swammerdam aus Hatschek), links und rechts die grossen Facettenaugen, dazwischen 3 Stemmata und die Fühler.

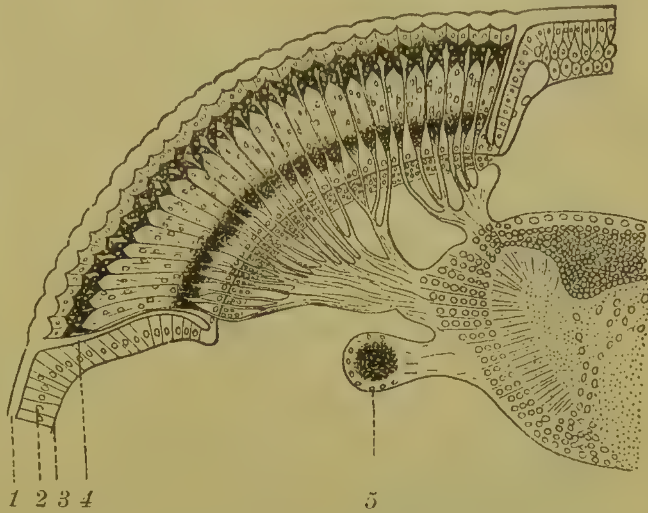


Fig. 359. Querschnitt durch das Facettenauge und das Hirn eines Ohrwurms (nach Carrière aus Hatschek). *1* Chitincuticula, die im Bereich des Auges die Cornea (die Summe sämmtlicher Linsen) erzeugt. 2 Epidermis, welche sich an der Grenze des Auges in die einzelnen Augenkeile verwandelt. *3* Basalmembran. *4* einspringende Chitinlamelle. *5* rudimentäres Larvenauge.

keilförmigen Stücken zusammen (Fig. 359), die in ihrer Zahl und Lagerung genau den Facetten entsprechen und mit ihrem peripheren breiten Ende sich einer Linse anfügen, während das schmalere, centrale Ende mit dem vom Hirn an den Augenhintergrund herantretenden Nervus opticus in Verbindung steht. Jeder der vielen hundert Augenkeile (Fig. 360) hat denselben Bau wie seine Nachbarn, nämlich den Bau des Stemma's; wir unterscheiden an ihm 1. Linse (Facette, Theil der Cornea) mit zugehörigen Epithelzellen (*l*), 2. Glaskörper (*kz*), 3. Retinula (*rz*). Der Glaskörper besteht fast überall aus 4 Zellen, welche bei den sogenannten euconen Augen da, wo sie zusammenstossen, gemeinsam einen völlig durchsichtigen Körper, den Crystallkegel (*k*) ausgeschieden haben. Ebenso ist die Zahl der Retinulazellen meist auf 7 normirt; ihre 7 Rhabdome (*r*) liegen gleichfalls mitten inne, wo die Zellen zusammenstossen, und sind sogar häufig unter einander verwachsen. Jeder Augenkeil ist schliesslich noch eingehüllt in eine Pigmentscheide, durch welche er optisch isolirt wird; letztere ist an zwei Stellen besonders stark entwickelt und erzeugt 2 durch das ganze Auge sich erstreckende Pigmentanhäufungen, die man Iris und Chorioidea nennt (Fig. 359). Einmal ist der Hintergrund des Augenkeils dicht pigmentirt (Chorioidea), zweitens greifen Pigmentzellen an der hinteren Grenze des Crystallkegels tief zwischen die Zellen ein und lassen nur eine kleine Oeffnung zum Durchtritt der Lichtstrahlen frei (Iris).

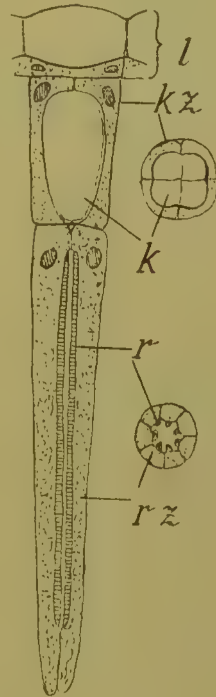


Fig. 360. Schematische Darstellung vom einzelnen Keil eines Facettenauges *l* Linse mit Hypodermis, *k* Crystallkörper mit Glaskörperzellen *kz* (daneben auf dem Querschnitt gesehen); *rz* Retinulazellen mit Rhabdomen *r* (daneben Querschnitt).

Aus dem Gesagten erhellt, dass man das Facettenauge auffassen kann als einen dicht zusammengedrängten Complex von keilförmig gestalteten, einfachen Augen. Diese anatomisch berechtigte Auffassung lässt sich aber nicht auf die Physiologie des Auges übertragen. Wie Joh. Müller zuerst ausführlich begründete, entwirft das Facettenauge wie jedes andere Auge nur ein einziges Bild, dessen einzelne Bildpunkte von den einzelnen Augenkeilen geliefert werden. Man nennt die Müller'sche Theorie die Theorie des musivischen Sehens gegenüber der jetzt verlassenen Bildchentheorie, welche annahm, dass jeder Augenkeil schon für sich ein kleines Bild erzeuge.

Während die Zahl der Stemmata wechselt, ist die Zahl der Facettenaugen im ganzen Stamm der Arthropoden auf 2 normirt. Wo scheinbar nur ein zusammengesetztes Auge vorkommt, wie bei den *Daphniden*, ist dasselbe durch Verschmelzung von zwei Augen entstanden. Für das Facettenauge ist ferner constant, dass der Nervus opticus ausserhalb des Auges ein sehr grosses Ganglion opticum bildet.

Gleichartigkeit des Baues zeichnet abgesehen von den Augen nur noch die Tastorgane aus, welche von Tasthaaren gebildet werden. Dagegen scheinen Gehör, Geruch, Geschmack durch sehr verschiedenartige Einrichtungen vermittelt zu werden. Leider wissen wir noch immer wenig von diesen Sinnesorganen, selbst bei Arthropoden, die unzweifelhaft gut riechen, hören und vielleicht auch schmecken.

Darm. Vom Darm der Arthropoden ist nur die ganz aussergewöhnliche Ausbildung des ectodermalen Anfangs- und Enddarms zu erwähnen, denen gegenüber der entodermale Mitteldarm klein bleibt, indem er gewöhnlich nur etwa $^1/_3$ der Gesammtlänge liefert. Bei den periodischen Häutungen wird die Chitinauskleidung der ectodermalen Darmabschnitte, so namentlich des weit verbreiteten Kaumagens mit abgeworfen.

Blutgefässsystem. Von den Theilen des Blutgefässsystems ist am constantesten das Herz, meistens ein dicht unter der Rückenhaut gelegener Schlauch, welcher in einem mehr oder minder abgegrenzten Abschnitt der Leibeshöhle (Herzbeutel) eingeschlossen ist und aus ihm das Blut durch eine linke und rechte Reihe von Spalten aufnimmt. Indem die Ränder der Spalten weit ins Herzlumen hineinspringende und als Klappen functionirende Falten erzeugen, wird der Herzschlauch in eine Anzahl aufeinanderfolgender Kammern abgetheilt, welche sich von hinten nach vorn contrahiren. Die Kammerung schwindet, wenn bei Thieren von gedrungener Körpergestalt der Herzschlauch zu einem Säckchen einschrumpft. — Bei kleinen Arthropoden kann das Herz, wie das übrige Gefässsystem gänzlich fehlen. Dieser Mangel besonderer Circulationsorgane kann, da schon die Anneliden hoch entwickelte Blutgefässe haben, nur auf Rückbildung beruhen und erklärt sich daraus, dass sich im Allgemeinen bei geringer Körpergrösse die Organisation vereinfacht. Daher finden sich Arten ohne Herz sowohl bei kleinen *Crustaceen* (vielen *Copepoden*) als auch bei kleinen *Arachnoideen* (vielen *Milben*), während verwandte Arten noch das Herz besitzen.

Von den grossen Körperarterien kann das Blut entweder direct in die Leibeshöhle gelangen, oder es muss erst einen mehr oder minder complicirten Weg durch Körperarterien, Capillaren und Venen, sowie durch die Athmungsorgane beschreiben. Man findet hierbei die verschiedensten Abstufungen in der Vollkommenheit des Blutgefässsystems. Indessen auch da, wo die höchste Stufe erreicht wird, ist kein völlig geschlossener Blutkreislauf vorhanden, da stets ein als Pericard functionirender Theil der

Leibeshöhle eingeschaltet ist, aus welchem heraus das Herz das Blut aufsaugt. Die verschiedene Ausbildungsweise des Blutgefässsystems hängt vorwiegend von der Beschaffenheit der Respirationsorgane ab, welche wir genauer erst bei den einzelnen Abtheilungen besprechen werden. Hier genüge die Bemerkung, dass je mehr die Athmung sich an bestimmten Orten und in bestimmten Organen localisirt, um so höher Arterien, Venen und Capillaren entwickelt sind, dass dagegen bei diffus durch den ganzen Körper verbreiteter Athmung das Gefässsystem bis auf das Herz reducirt sein kann.

Fettkörper. Excretionsorgane.

Der Raum der Leibeshöhle ist bei den Arthropoden abgesehen von anderen Eingeweiden häufig durch den Fettkörper eingeengt; derselbe ist eine Art Bindegewebe, dessen reichlich mit Fett beladene Zellen ein Nahrungsreservoir für den Körper bilden. Daneben hat man Harnbestandtheile wie Harnsäure aufgefunden und vermuthet, dass Excretstoffe vorübergehend hier aufgehäuft werden, bevor sie durch die Excretionsorgane nach aussen gelangen. Was letztere anlangt, so sind sie in den einzelnen Abtheilungen verschieden: echte Segmentalorgane beim *Peripatus*, Schalen- und Antennendrüsen bei *Crustaceen*, Malpighi'sche Gefässe bei *Spinnen* und *Insecten*.

Geschlechtsorgane.

Die Geschlechtsorgane sind äusserst selten hermaphrodit. Bei den getrennt geschlechtlichen Formen kann man fast stets Männchen und Weibchen schon äusserlich von einander unterscheiden, sei es an Grösse oder Färbung oder an der Beschaffenheit bestimmter Extremitäten, namentlich der bei der Begattung in Function tretenden. Die Eier sind durchgängig gross und dotterreich und haben in der Regel die Fähigkeit zur totalen Furchung verloren. Bei den meisten Arthropoden finden wir die specielle Form der partiellen Furchung, die man die superficielle nennt. (S. 121, Fig. 100.) Während die oberflächliche Schicht des Eies in die Embryonalzellen zerlegt wird, welche das Blastoderm erzeugen, erhält sich lange Zeit über oder sogar dauernd im Inneren eine ungefurchte Dotterkugel. Diese Furchungsweise der Eier hat ein systematisches Interesse, da sie ausser bei den Arthropoden nirgends mehr im Thierreich vorkommt.

Fortpflanzung.

Entsprechend ihrer Organisationshöhe kommt bei den Arthropoden echte ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Theilung oder Knospung gar nicht mehr vor, wohl aber Parthenogenese und Paedogenese. Bei vielen Arthropoden facultativ, hat die Parthenogenese bei anderen eine den Lebensverhältnissen der Art besonders angepasste Bedeutung gewonnen. Bei niederen *Krebsen* und *Pflanzenläusen* tritt Parthenogenesis ein, wenn es gilt die Art rasch in grossen Mengen über ein Nährgebiet zu verbreiten. Bei den *Bienen* bestimmt Parthenogenesis das Geschlecht, indem unbefruchtete Eier nur Männchen liefern. Vielleicht wird ein genaueres Studium uns noch mit weiteren Aufgaben der Parthenogenesis vertraut machen.

Da neben der Parthenogenesis — vielleicht mit äusserst spärlichen Ausnahmen — die Fortpflanzung durch Befruchtung fortbesteht, so stellt sich nicht selten der regelmässige Cyklus parthenogenetischer und streng geschlechtlicher Generationen ein, die Heterogenie, wenn dieselbe auch nie in so typischer Weise ausgeprägt ist, wie wir sie schon bei Würmern kennen gelernt haben.

Systematik. Einer der hervorragendsten französischen Entomologen, Latreille, theilte die Arthropoden in 4 Classen, *Crustaceen, Myriapoden, Arachnoideen* und *Insecten*. Diese Eintheilung wird im Wesent-

lichen auch jetzt noch beibehalten, nur bedarf sie der Vervollständigung nach 2 Richtungen hin. Durch die Zoologen der Challengerexpedition wurde ermittelt, dass die bis dahin räthselhafte Gattung *Peripatus* unzweifelhaft zu den Arthropoden gehört und unter denselben als Repräsentant einer fünften besonderen Classe, der *Protracheaten*, angesehen werden muss. Ferner hat sich immer mehr herausgestellt, dass Protracheaten, Myriapoden, Spinnen und Insecten in der Bildung ihrer Extremitäten und Athmungsorgane einander viel näher stehen als den Crustaceen. Man thut daher gut, sie als *Tracheaten* zusammenzufassen. Tracheaten und Crustaceen scheinen überhaupt einander lange nicht so nahe zu stehen, als man früher annahm. Nimmt man eine Abstammung im Sinne der Descendenztheorie an, so wird man durch viele Thatsachen der Entwicklungsgeschichte, sowie durch die Entdeckungen in der Anatomie des *Peripatus* zur Annahme gezwungen, dass die Tracheaten einerseits, die Crustaceen andererseits sich unabhängig von einander entwickelt haben, wenn auch aus Urformen, die beide der Classe der Anneliden zuzurechnen wären. Das ist einer der wichtigsten Gründe, die man für Einverleibung der Anneliden in den Stamm der Articulaten geltend machen kann, weil nur auf diesem Weg der Stamm zu einer phylogenetischen Einheit abgeschlossen wird. — Schliesslich sei hier noch erwähnt, dass die Stellung der *Arachnoideen* Gegenstand lebhafter Discussion geworden ist Viele Zoologen wollen sie ganz von den Tracheaten ausschliessen und mit gewissen Crustaceen (*Gigantostraken*, *Xiphosuren*) vereinen; sie fassen Protracheaten, Myriapoden und Insecten als *Antennaten* zusammen. Ich werde dieser Eintheilung nicht folgen, wenn auch an ihr richtig ist, dass die einzelnen Classen der Antennaten näher unter einander verwandt sind, als mit den Arachnoideen.

I. Unterstamm und I. Classe.

Crustaceen, Krebsthiere.

Panzer.

Ihren lateinischen Namen „Crustaceen" haben die Krebsthiere dem Umstand zu verdanken, dass ihre Chitinpanzerung durch Einlagerung von kohlensaurem Kalk eine bedeutende Festigkeit erhalten hat: die Chitinschicht hat dadurch die ihr von Natur zukommende, bei den Tracheaten auch vorhandene Elasticität eingebüsst, ist spröde geworden und splittert leicht; sie wird wiederum weich, wenn bei Zusatz von Essigsäure oder Salzsäure der kohlensaure Kalk unter Aufbrausen gelöst wird.

Kiemen.

Weitere systematisch wichtige Merkmale der Crustaceen hängen mit ihrem Aufenthaltsort zusammen; die Crustaceen sind typische Wasserbewohner und athmen demgemäss durch Kiemen. Diese Athmung wird auch beibehalten, wenn die Thiere, wie z. B. unsere Flusskrebse, längere Zeit im Trocknen zu leben vermögen. Die Flusskrebse behalten, um dies zu ermöglichen, in ihrer Kiemenhöhle stets Wasser zurück, so dass ihre Athmungsorgane dauernd von Wasser befeuchtet bleiben. Nur wenige Ausnahmen giebt es von der Regel: Landkrabben, Mauer- und Kellerasseln athmen trockene Luft entweder mit denselben Organen, die sonst als Kiemen functioniren, oder mit

besonderen, später zu besprechenden Einrichtungen an den Schutzorganen der Kiemen.

Die Kiemen der Krebse suchen stets Stellen auf, wo ein rascher Wasserwechsel ermöglicht ist. Diesen Bedingungen genügen besonders die Extremitäten; daher findet man die Kiemen als zarthäutige, blutreiche Büschel (Fig. 58, S. 85) oder Platten entweder an den Extremitäten selbst oder in ihrer Nähe am Körper angeheftet, oder ganze Extremitäten sind zu zarthäutigen Platten und somit zu Kiemen geworden (Seite 356, Fig. 368, Seite 370, Fig. 384). Ausser den Kiemen dient die übrige Körperoberfläche zur Athmung; die Hautathmung kann sogar bei kleinen dünnhäutigen Formen, bei denen besondere Kiemen häufig fehlen oder nur als Rudimente auftreten, die allein wichtige werden, so dass wir dann anstatt localisirter Athmung eine diffuse Athmung mit allen ihren Folgen auf die Circulationsorgane erhalten. Während bei localisirter Athmung Herz, Arterien, Venen und Capillaren hoch entwickelt sind, findet sich bei den durch die Haut athmenden niederen Formen gewöhnlich nur das Herz, und auch dieses häufig in stark reducirter Gestalt; oder es ist mit dem Herzen der letzte Rest eines Circulationsapparats verloren gegangen.

Da vom Aufenthalt im Wasser ausser der Athmung auch die Fortbewegungsweise bestimmt wird, so besitzen die Crustaceen auch eine besondere Extremitätenform, den Spalt- oder Schwimmfuss, durch den sie sich von sämmtlichen Tracheaten unterscheiden. Während bei diesen, wie jedes Insect lehrt, die Glieder eines Beines in einer einzigen Reihe hinter einander liegen, bilden sie bei den Krebsen zwei Reihen oder zwei Aeste, einen äusseren Schwimmfussast und einen inneren Gehfussast. (Fig. 361 I.) Zunächst beginnt allerdings die Extremi- Extremitäten.

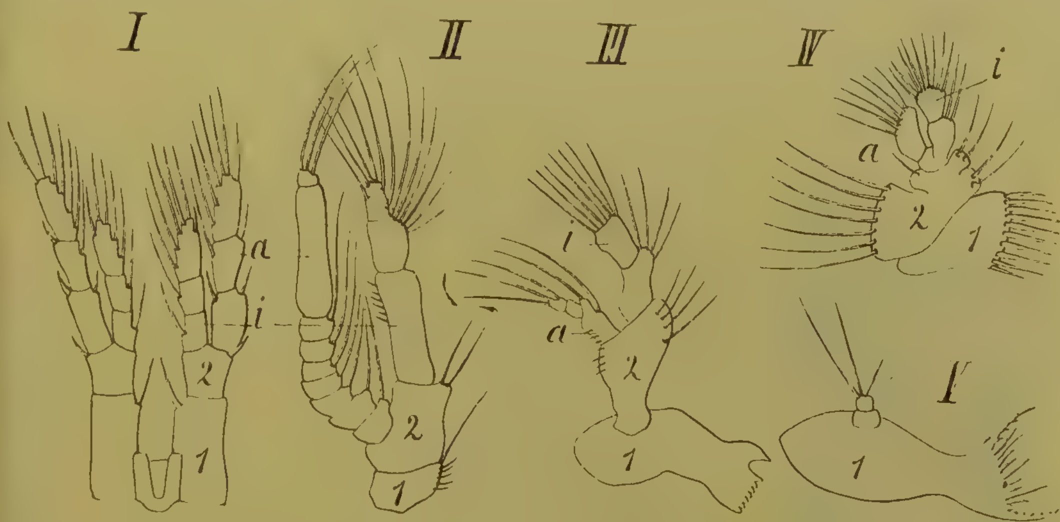


Fig. 361. Copepodenextremitäten *I—IV* von Diaptomus Castor. *I* ein Paar Spaltfüsse, *II* zweite linke Antenne, *III* linke Mandibel, *IV* linke Maxille; *V* linke Mandibel von Cyclops coronatus. *1* und *2* erstes und zweites Glied der Basis, *a* Aussenast, *i* Innenast.

tät mit einer einreihigen aus zwei Gliedern bestehenden Basis (1 u. 2), dann aber gabelt sie sich sofort in die beiden Aeste (*a* u. *i*), deren Namen folgende Betrachtung verständlich machen wird.

Der Spaltfuss findet sich nur so lange, als die Extremität zum Schwimmen verwandt wird; bei Krebsen, welche vorwiegend auf dem Boden der Gewässer kriechen, wie z. B. Flusskrebs und Wasserassel, fehlt der äussere

zum Schwimmen besonders dienende Ast gänzlich und es findet sich nur der innere Gehfussast, welcher allein die Verlängerung der Basis und mit ihr ein Gangbein nach Art der Tracheatenextremität bildet. Auf den ersten Blick scheint damit die Beschaffenheit der Extremität die ihr beigemessene systematische Bedeutung zu verlieren; allein eine genauere Betrachtung lehrt, dass diese Umwandlung sich stets nur an einem Theil der Extremitäten äussert. Die Abdominalfüsse, die Pedes spurii, behalten den Spaltfusscharakter bei; ebenso kann man an den Mandibeln, Maxillen und Maxillarfüssen häufig noch Innen- und Aussentaster erkennen. Endlich lässt sich vielfach sogar für die Gangbeine die Entstehung aus Schwimmfüssen mit Sicherheit nachweisen, wie z. B. die meisten marinen Verwandten unseres Flusskrebses schwimmende Larven besitzen, das Mysisstadium, bei welchem der Schwimmfussast vorhanden ist und erst verloren geht, wenn bei der Metamorphose die schwimmende Lebensweise mit der kriechenden vertauscht wird. Man kann somit mit vollem Recht den Satz aufstellen, dass die Urform der Crustaceenextremität der Spaltfuss ist.

Die Extremitäten liefern uns noch ein weiteres zum Erkennen der Crustaceen äusserst werthvolles Merkmal, dass nämlich zwei Paar Antennen vorhanden sind. Man muss dabei freilich die Charakteristik der Antennen hauptsächlich auf morphologische Merkmale stützen, dass sie vor der Mundöffnung liegen und vom Hirn aus innervirt werden; denn die zweiten Antennen mancher Entomostraken dienen keineswegs zum Tasten, sondern sind mächtige Ruderorgane, Ruderantennen, geworden.

Innere Anatomie.

Ueber die innere Organisation ist wenig Allgemeines zu sagen. Am Darm fällt der gänzliche Mangel der Speicheldrüsen auf; dagegen ist häufig der Vorderdarm zum Kaumagen erweitert und der darauf folgende Theil mit einer Leber ausgerüstet. Letztere findet man auf den verschiedensten Stufen der Ausbildung, von den zwei einfachen Blindsäcken oder Leberhörnchen der *Daphniden* (Fig. 369) bis zu den gewaltigen Leberlappen der *Decapoden* (Fig. 390). Als Niere werden zwei Drüsen gedeutet, welche Schalendrüse und Antennendrüse heissen. Die Schalendrüse — fälschlich so genannt, weil man glaubte die Bildung der Schale ginge von ihr aus — mündet jederseits neben der vierten Extremität, der Maxille, die Antennendrüse an der Basis der zweiten Extremität, der grossen Antenne. Beide haben denselben Bau (Fig. 362) und sind vielfach gewundene Canäle, die mit einer Blase beginnen und öfters auch mit einer Art Harnblase enden. Durch das Auftreten von schleifenförmigen Canälen in zwei Segmenten erinnern die Drüsen an die Segmentalorgane der Anneliden; es ist sehr wahrscheinlich, dass sie modificirte Segmentalorgane sind; freilich findet man Schalendrüse und Antennendrüse nur bei Crustaceenlarven gleichzeitig; sonst scheinen sie für einander zu vicariiren.



Fig. 362. Antennendrüse von Mysis (nach Grobben). *s* Anfangsblase. *blr* Blutlacunen darum, *rc* Nierencanal, *h* Harnblase mit Mündung *ea*.

Das Auge der Crustaceen ist entweder ein dem Hirn aufgelagerter, mit drei Linsen ausgerüsteter unpaarer Pigmentfleck, das sogenannte Naupliusauge, oder es ist ein paariges zu-

sammengesetzes Auge; jenes findet sich vorwiegend bei niederen Krebsen, dieses bei den höheren Formen; viele Arten haben beiderlei Augen gleichzeitig. Geruchs- und Tastapparate finden sich in Form von chitinösen Stiftchen und Haaren besonders an den ersten Antennen. Ein Gehörorgan (Fig. 363) kommt nur den höheren Krebsen zu; dasselbe ist selten ein Bläschen, häufiger ein von Chitin ausgekleidetes Grübchen in der Basis der ersten Antenne. Am Grunde des Grübchens befindet sich die Crista acustica, eine Reihe gefiederter Chintinhaare, die mit ihren Spitzen in einen Haufen von Hörsteinchen hineinragen, während an ihre basalen Enden der Hörnerv tritt. Stärkere Haare decken den Eingang zum Grübchen zu.

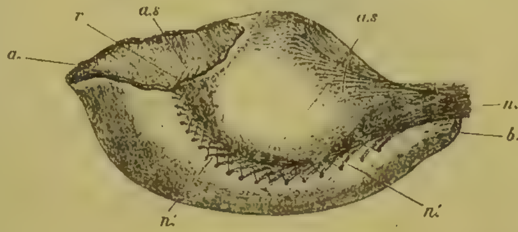


Fig. 363. Hörgrübchen des Flusskrebses aus der Antenne herauspräparirt. *a* Eingang, *r* Mündungsrand, *as* Hörleiste, *b* blindes Ende der Grube, *n* Hörnerv, *n'* Verästelungen desselben an der Hörleiste (aus Huxley).

Bei den periodischen Häutungen wird natürlich auch die Chitinauskleidung des Hörorgans nebst seinen Schutzhaaren, Hörhaaren und Hörsteinen erneuert. Man kann jetzt durch ein einfaches Experiment feststellen, dass die Hörsteine kleine Partikeln sind, die von aussen in das Hörgrübchen gesammelt werden. Denn wenn man einen frisch gehäuteten Krebs in einem vollkommen reinen Glashafen züchtet, so bleibt das Thier ohne Otolithen, zeigt aber, wenn man gekörnelte Substanzen von einer leicht erkennbaren Beschaffenheit, wie Harnsäurekrystalle, einstreut, bald einen Theil der betreffenden Körper im Hörgrübchen.

Im Geschlechtsapparat, der nur ausnahmsweise hermaphrodit ist, fällt vor Allem die merkwürdige Grösse der Spermatozoen auf, welche bei manchen *Ostracoden* fast ebenso lang werden wie das ganze Thier. Stets sind die Spermatozoen ohne Geissel und daher unbeweglich; ihr kugeliger oder langgestreckter Körper pflegt mit starren spitzen Ausläufern bedeckt zu sein, welche in ihrer Form an die Pseudopodien eines Actinosphaerium erinnern (Fig. 34 γ δ, S. 64).

Entwicklungsgeschichte. Die typische Entwicklung eines Crustaceen ist die Metamorphose, in deren Verlauf mancherlei Larvenformen auftreten, unter denen der Nauplius und die Zoëa besonderes Interesse besitzen. Der Nauplius (S. 30, Fig. 8) besitzt einen ovalen Schild, der vom Rücken die drei Segmente, aus denen der Körper besteht, bedeckt; darunter kommen jederseits drei zum Schwimmen dienende Extremitäten zum Vorschein; die erste einreihige liefert später die erste Antenne; die beiden folgenden sind Spaltfüsse und wandeln sich bei der Metamorphose in die zweite Antenne und in die Mandibel um, ein sprechender Beweis, dass in der That Antennen und Kiefer nur modificirte locomotorische Gliedmassen sind. Im Innern liegt ein dreitheiliger Darm, ein oberes Schlundganglion und darauf das unpaare Naupliusauge, jedenfalls auch ein Bauchmark. Die Zoëa (Fig. 364) hat einen viel complicirteren Bau, indem sie schon aus Cephalothorax und Abdomen besteht, von denen das letztere noch extremitätenlos ist, das erstere mehrere Schwimmfüsse trägt. Ferner finden sich zwei grosse zusammengesetzte Augen (*o*) und dorsal vom Darm ein Herz (*h*). Vielfach ist der Cephalothorax mit enorm langen Stacheln versehen, welche vom Rücken, von der Seite und von der Spitze desselben wie Balancir-

stangen in das Wasser hineinragen und wohl bestimmt sind das Thier gegen seine Feinde zu schützen.

System.



Fig. 364. Zoëa. *o* Facettenauge, *h* Herz, a^2 - a^6 die Segmente des Abdomens. *IV—VIII* die Brustsegmente, *1* u. 2 die Antennen, *I*, *II*, *III* die Kieferfüsse.

Nauplius und Zoëa sind von systematischer Bedeutung und werden zur Unterscheidung der **Entomostraken** oder niederen Krebse und der **Malakostraken** oder höheren Krebse benutzt. Bei den *Entomostraken* findet sich der Nauplius, dagegen niemals die Zoëa, bei den *Malakostraken* dagegen beginnt die Metamorphose gewöhnlich mit der Zoëa und nur ausnahmsweise tritt als niederes, vorbereitendes Stadium der Nauplius auf. Die systematische Verwerthbarkeit des erläuterten Unterschieds wird erheblich dadurch beeinträchtigt, dass es sowohl Entomostraken, als auch Malakostraken giebt, welche überhaupt keine Larven besitzen, sondern sich direct entwickeln. Daher ist es nothwendig, die Unterscheidung der beiden Unterclassen auf anatomische Merkmale zu begründen. Bei den *Entomostraken* herrscht eine grosse Variabilität in der Zahl der Segmente und in der Vertheilung derselben auf die einzelnen Körperabschnitte. Bei *Branchiopoden* z. B. schwankt die Segmentzahl zwischen cca. 10 bei *Daphniden* und cca 45 bei *Apusiden*. Bei den *Malakostraken* dagegen ist die Segmentzahl im Ganzen auf 20 fixirt, von denen stets sieben auf das Abdomen kommen, während in der Verwendung der 13 vorderen Segmente, welche Kopf und Thorax ausmachen, Unterschiede zwischen den einzelnen Ordnungen vorhanden sind. Auch die Mündungen der Geschlechtsorgane sind an bestimmte Segmente gebunden, die weibliche Geschlechtsöffnung an das 11., die männliche an das 13. Segment. Endlich unterscheiden sich höhere und niedere Krebse noch durch die Niere; als Niere der *Entomostraken* functionirt die Maxillardrüse (Schalendrüse), als Niere der *Malakostraken* die Antennendrüse (grüne Drüse).

Zum Schluss noch einige Bemerkungen zu den Namen „Entomostraca", „Gliederschaler", und „Malacostraca", „Weichschaler". Wenn wir nämlich beide Gruppen auf Härte und Deutlichkeit der Gliederung des Chitinpanzers prüfen, so kommen wir zu dem merkwürdigen Resultat, dass die „Gliederschaler" eine viel undeutlichere Segmentirung haben als die „Weichschaler", dass umgekehrt die „Weichschaler" ausserordentlich viel härter gepanzert sind als die „Gliederschaler". Hätte man, wie es auf den ersten Blick den Eindruck macht, mit den Namen einen Gegensatz beider Gruppen ausdrücken wollen, so wären die Bezeichnungen geradezu vertauscht; es müssten die niederen Krebse Malacostraca, die höheren Entomostraca heissen. Indessen haben sich die Namen historisch gar nicht im Gegensatz zu einander entwickelt, sondern wurden zu ganz verschiedenen Zeiten, beidesmal im Gegensatz zu den Ostrakodermen, in die Zoologie eingeführt. Aristoteles nannte den Flusskrebs und seine Verwandten mit Recht „Malacostraca", da ihr Kalkpanzer an die Festigkeit des Kalkpanzers einer Muschel oder Schnecke (Ostracodermata) nicht heranreicht: er kannte die niederen Krebse noch gar nicht; diese wurden mit Ausnahme

der Cirripedien erst im 17. und 18. Jahrhundert beschrieben, darunter die mit zweiklappigen Schalen versehenen Ostracoden und Daphniden, welche O. F. Müller „Entomostraca seu Insecta testacea", gegliederte Schalthiere, nannte.

I. Unterclasse.

Entomostraken.

I. Ordnung. Copepoden, Ruderfüssler.

An die Spitze der Crustaceen müssen unzweifelhaft die Copepoden oder Ruderfüssler gestellt werden, da sie nicht nur am einfachsten, sondern auch am ursprünglichsten gebaut sind, da ferner keine Gruppe so sehr geeignet ist in das Studium der Crustaceen einzuführen wie sie. (Fig. 365, vergl. auch Fig. 8. S. 30).

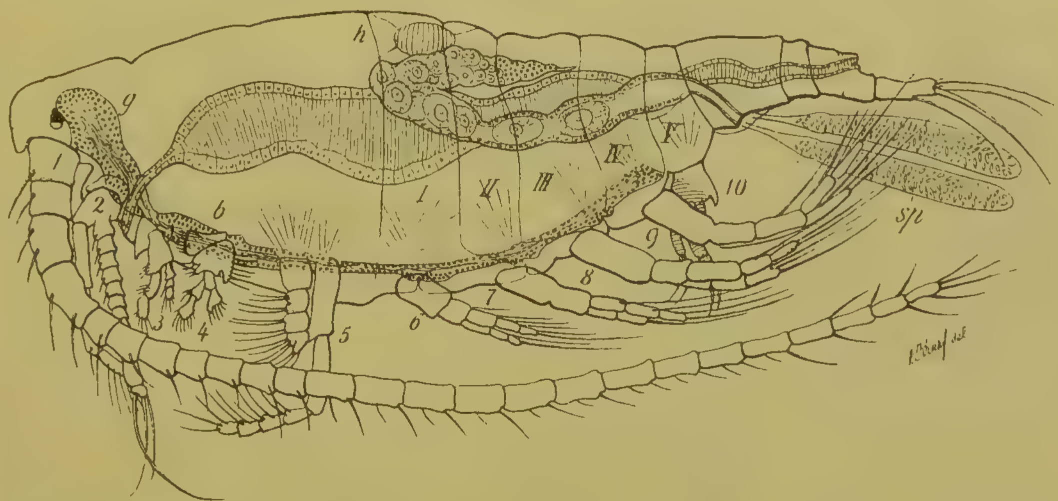


Fig. 365. Diaptomus Castor. *g* oberes Schlundganglion mit Naupliusauge, *b* Bauchmark, *h* Herz, *sp* Spermatophoren, Darm und Ovar nicht bezeichnet. *1* erste Antenne, *2* zweite Antenne, *3* Mandibel, *4* Maxille, 5 Pedes maxillares, *6—10* Schwimmfüsse.

Die 15 Segmente des Körpers sind auffallend gleichmässig auf die drei Regionen vertheilt, fünf auf den Kopf, fünf auf den Thorax, fünf auf das Abdomen. Sieht man allerdings unsere verbreitetsten Copepoden. die Cyclopsarten darauf an, so bekommt man ein etwas abweichendes Resultat, da bei ihnen wie bei den meisten verwandten Arten das erste Thoraxsegment mit den fünf Kopfsegmenten verschmolzen ist, da ferner die zwei ersten Abdominalsegmente ebenfalls nicht gegen einander abgegrenzt sind. Sehr charakteristisch ist das fünfte Abdominalsegment, das zur „Furca" sich gabelt.

Während das Abdomen extremitätenlos ist, trägt der Thorax die typischen Spaltfüsse, wie sie in gleicher Deutlichkeit nur bei dem Nauplius noch gesehen werden. Der Fuss beginnt mit einer zweigliedrigen Basis, deren erstes Glied mit dem des Nachbarfusses durch eine Leiste zu gemeinsamer Bewegung verbunden ist (Fig. 361); dann gabelt er sich in einen meist 3gliedrigen Aussen- und Innenast, welche beide dicht mit Borsten besetzt sind; nur die fünfte Extremität ist nicht so gut entwickelt und manchmal nur durch ein Borstenbüschel angedeutet.

Von den 5 Paar Kopfextremitäten sind die beiden vordersten, die Antennen, häufig einander sehr ähnlich und ragen über den vordersten Rand des Kopfschildes wie Hörner hervor, worauf die alte Speciesbezeichnung „Cyclops quadricornis“ Bezug nimmt. Die erste Antenne ist stets einreihig und kann beim Männchen unweit der Basis hakenartig zum Festhalten des Weibchens während der Begattung eingeschlagen werden. Die zweite Antenne kann dagegen den Charakter des Spaltfusses bewahren. (Fig. 361 II.) Sehr interessant ist die Mandibel, indem sie oft noch einen gespaltenen Palpus mandibularis trägt und somit von Art zu Art verglichen durch zahlreiche Uebergänge (Fig. 361 III, V) lehrt, wie sie aus dem Schwimmfuss hervorgegangen ist. Auch der Palpus der Maxille zeigt noch Reste eines Innen- und Aussenastes. (Fig. 361 IV.) Den Abschluss des Kopfes bilden links und rechts 2 Pedes maxillares: wie die Entwicklungsgeschichte lehrt, sind dieselben die auseinander gerückten Aeste eines einzigen Fusspaares; beide sind an den Enden hakenartig zum Festkrallen der Beute eingebogen.

Aeusserst einfach ist auch die innere Anatomie (Fig. 365). Der Darm hat noch keine Leber und verläuft fast gleichförmig bis zu dem zwischen den beiden Aesten der Furca gelegenen After. Als Auge functionirt das unpaare, dem Hirn dicht aufgelagerte Naupliusauge, welches der bekanntesten Copepodengattung den Namen „Cyclops“ verschafft hat. Kiemen fehlen stets, Herz und Blutgefässe meistens; nur bei wenigen parasitischen Gattungen hat man ein System communicirender Röhren gefunden, das man als Blutgefässe deutet, bei andern frei lebenden Gattungen ein kleines, gedrungenes, lebhaft pulsirendes Herz. Beim Männchen und Weibchen sind die Geschlechtsdrüsen unpaar, ihre Ausführwege dagegen, welche am Anfang des Abdomen meist getrennt links und rechts münden, sind paarig. Neben dem Oviduct besitzt das Weibchen ein Receptaculum seminis, an dem das Männchen seine in Spermatophoren verpackte Samenmasse anklebt. Wenn die Eier den Oviduct verlassen, werden sie durch Sperma, welches vom Receptaculum aus an sie herantritt, befruchtet und in grösserer Zahl gemeinsam in eine zarte Haut gehüllt. So entstehen am Abdomen des Weibchens in der Regel zwei ovale Körper, in denen zahlreiche Eier liegen, die sogenannten Eiersäckchen, an denen man die Weibchen leicht erkennen kann (vergl. Seite 30, Fig. 8). Aus den Eiern kommt ein Nauplius heraus, der zum „Cyplopstadium“, dem ausgebildeten Copepoden, heranwächst, indem am hinteren Ende die fehlenden Segmente und Extremitäten hervorsprossen und die 3 Paar vorhandener Extremitäten sich in die Antennen und die Mandibeln verwandeln.

Die hier geschilderten Copepoden sind in vielen Arten und in ganz enormen Mengen von Individuen im Süss- und Meerwasser verbreitet und bilden hier den ansehnlichsten Theil des „Plankton“, d. i. der herumtreibenden Organismenwelt. Im Süsswasser können mit ihnen nur die sogleich zu besprechenden Branchiopoden rivalisiren. Gewisse Arten (*Cetochilus septentrionalis*) entwickeln sich im Eismeer zu solcher Menge, dass das Meer von ihren dichtgedrängten Schaaren röthlich gefärbt wird (Walfischbänke der Seefahrer). Durch diese einzig dastehende Fruchtbarkeit bilden die niederen Crustaceen die wichtigste Nahrungsquelle der Fische, und nicht nur der Fische, sondern auch der Riesen unter den Säugethieren, der Bartenwale.

In die Ordnung der Copepoden gehören ferner Thiere, auf welche die bisherige Schilderung gar nicht passt (Fig. 366, vergl. auch S. 29, Fig. 6 u. 7), Thiere von so merkwürdigem Aeusseren, dass sie lange Zeit für Würmer gehalten worden sind. Sie wohnen, mit den zu einem Saug- und Stechrüssel umgebildeten Mundgliedmassen in das Gewebe eingebohrt, auf den Kiemen und der Haut der Fische und haben eine walzenförmige Gestalt oder auch einen Körper, der wie ein Klumpen von auseinander geflossenem Bretzelteig aussieht. Von Körpergliederung ist vielfach nichts zu sehen, von Extremitäten nur noch Spuren; man würde die Thiere zunächst nicht einmal für Arthropoden halten dürfen, wenn nicht drei Merkmale die systematische Stellung klar bewiesen. 1. Die meisten Thiere haben am hinteren Ende die 2 Eiersäckchen der Copepoden; nur sind sie häufig in spiral aufgerollte Schnüre verlängert. 2. Im Laufe der Jahre hat man eine vollständige Kette von Zwischenformen aufgefunden, die Schritt für Schritt verfolgen lassen, wie allmählich die zierliche Gestalt eines freibeweglichen Copepoden in den plumpen Körper eines Parasiten übergeführt wird. 3. Am überzeugendsten ist die Entwicklungsgeschichte; jeder parasitische Copepode verlässt das Ei als Nauplius und durchläuft das „Cyclopsstadium", ehe er sich auf den Fischen festsetzt und zum hochgradig rückgebildeten Parasiten wird. (Fig. 6, S. 29.) Die angesaugten Thiere sind stets Weibchen. Die Männchen haben andere Gestalt; sie überschreiten vielfach das Cyclopsstadium nicht, sondern vollziehen auf diesem Stadium die Begattung und sterben ab (Fig. 7); oder sie machen ebenfalls eine Metamorphose durch, bleiben aber dabei klein und von ganz absonderlicher Form. Man findet sie in der Nähe der Geschlechtsöffnung am Körper des Weibchens festgeklammert.

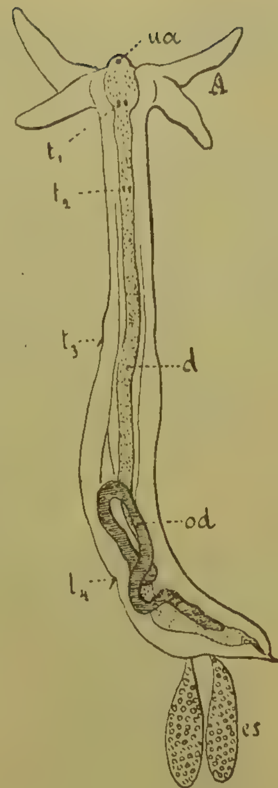


Fig. 366. Lernaeocera esocina, Weibchen (aus Lang nach Claus). *ua* Stirnauge. t^1—t^4 rudimentäre Thoraxextremitäten, *d* Darm, *od* Oviduct, *es* Eiersäckchen, *A* armartige Fortsätze am vorderen Körperende.

I. Unterordnung. *Eucopepoden.* Zu den frei lebenden Copepoden gehören im Süsswasser vor Allem die *Cyclopiden: Cyclops coronatus* Cl. (Fig. 8), ferner die mit einem Herz versehenen, theils im Meer, theils im Süsswasser lebenden *Calaniden: Cetochilus septentrionalis* Goods.; *Diaptomus Castor* Jur. (Fig. 365).

II. Unterordnung. *Parasitica.* Hochgradige parasitische Degeneration findet sich bei den *Lernaeiden: Lernaea branchialis* L. auf Dorsch und Flundern, *Lernaeocera esocina* Burm. auf dem Hecht (Fig. 366), und bei den *Lernaeopodiden: Achtheres percarum* Nordm. (Fig. 6).

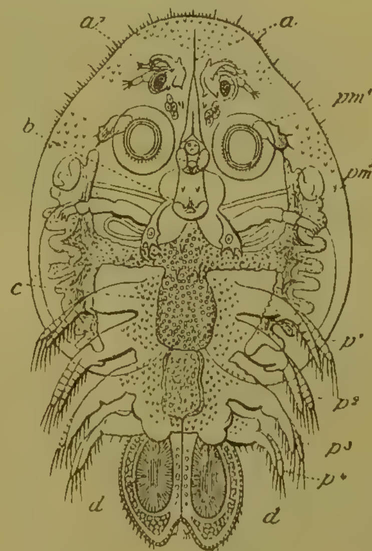


Fig. 367. Argulus foliaceus (aus Leunis-Ludwig). *a* Antenne. pm^1, pm^2 erster und zweiter Pes maxillaris, *b* Mund, *c* Darm mit Leber, *d* Abdomen. p^1 p^4 Spaltfüsse des Thorax.

III. Unterordnung. *Branchiuren.* Zu den Branchiuren gehört nur die kleine Familie der *Arguliden* oder *Karpfenläuse* (Fig. 367), Krebse von etwa 1 cm Länge, die sich mit Hilfe von Saugnäpfen und Krallen, welche aus umgewandelten Pedes maxillares hervorgegangen sind, an der Haut von Cyprinoiden festhalten. Sie sind zugleich vermöge der 4 Paar wohl entwickelter Ruderfüsse vorzügliche Schwimmer. Der Körper hat die Gestalt eines herzförmig ausgeschnittenen Schildes, unter dem nur die letzten Thoraxsegmente und das Abdomen hervorschauen. In vieler Hinsicht erheben sich die Arguliden über den Bau der übrigen Copepoden und nähern sich den Branchiopoden, indem sie ein Paar zusammengesetzter Augen, einen Darm mit verästelten Leberblindschläuchen und ein im Bauchabschnitt gelegenes Herz besitzen. *Argulus foliaceus* L.

II. Ordnung. Branchiopoden, Kiemenfüssler.

Obwohl die Branchiopoden eine im höchsten Grade einheitliche Gruppe bilden, ist es nicht möglich, auch nur einen auf die Ordnung beschränkten, systematisch brauchbaren Charakter ausfindig zu machen, welcher unverändert durch die ganze Gruppe hindurch sich erhielte. Das auffälligste Merkmal ist die eigenthümliche Gestalt der Beine; dieselben verlieren aber ihre charakteristische Beschaffenheit und werden zu gewöhnlichen Spalt- oder Gehfüssen, je mehr in der Gruppe ein zweites Merkmal, die mächtige Ruderantenne, an Bedeutung gewinnt. Sehr verbreitet sind paarige oder unpaare Hautduplicaturen, aber sie fehlen am Anfang der Reihe und können andererseits auch am Ende der Reihe wieder verschwinden. Trotz alledem fügen sich die einzelnen Familien der Branchiopoden verwandtschaftlich zu einer so fest geschlossenen Ordnung an einander, dass die systematische Zusammengehörigkeit auch der Endformen nicht zweifelhaft sein kann.

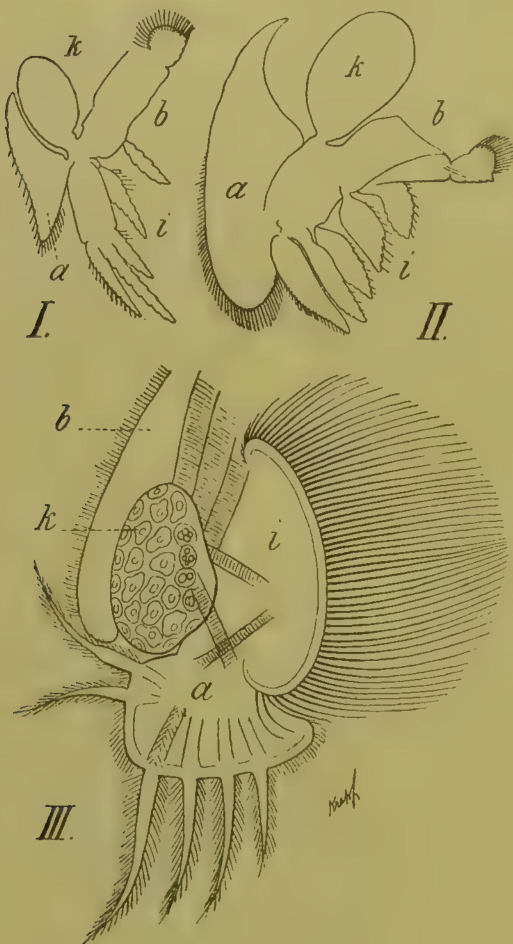


Fig. 368. Branchiopodenfüsse. *I.* u *II.* zweites und sechstes Bein von Branchipus Grubei (nach Gerstäcker). *III.* viertes Bein von Daphnia sima (nach Claus). *b* Basis. *a* Aussenast, *i* Innenast, *k* Kiemensäckchen.

Der Branchiopodenfuss (Fig. 368) lässt sich aus dem Copepodenfuss durch 2 Umformungen leicht ableiten: erstens müssen wir uns vorstellen, dass sich an der Basis der Extremität ein Kiemensäckchen durch Ausstülpung entwickelt hat; zweitens müssen wir annehmen, dass der Innen- und Aussenast zu breiten Platten geworden sind, die man Ruderplatte und Branchialplatte nennt. Die Zahl der

Beine und demgemäss auch die Zahl der Thoraxsegmente schwankt ausserordentlich zwischen 4—6 bei den *Daphniden* und 10—40 bei den *Estheriden* und *Apusiden;* ebenso inconstant ist die stets geringe Zahl der extremitätenlosen Abdominalsegmente; dagegen haben alle Branchiopoden 4 (selten 5) Kopfsegmente, welche die 2 Paar Antennen, 1 Paar Mandibeln, 1 (selten 2) Paar Maxillen tragen. Unter diesen können die zweiten Antennen zu ganz gewaltiger Grösse heranwachsen und fast ausschliesslich das Schwimmen besorgen; eine kräftige, zweigliedrige Basis trägt dann wie beim Ruderfuss einen langen und reich mit Borsten ausgerüsteten äusseren und inneren Ruderast; umgekehrt sind die ersten Antennen klein, häufig nur Höcker, welche durch reichlichen Besatz mit Riechröhrchen sich als Sinnesorgane zu erkennen geben. (Fig. 369.)

Wo Mantelfalten vorhanden sind, bilden sie nur selten ein unpaares Rückenschild über den in dorso-ventraler Richtung abgeplatteten Körper (Fig. 371); gewöhnlich ist in solchen Fällen der Körper in querer Richtung zusammengepresst und in eine linke und rechte Schalenklappe geborgen (Fig. 369).

Die innere Organisation ist wesentlich höher als die der Copepoden. Zum unpaaren Naupliusauge gesellt sich das paarige Facettenauge; der Darm ist mit zwei (selten verästelten) Leberblindschläuchen ausgerüstet, den „Leberhörnchen"; dorsal vom Darm liegt stets das Herz, bei den segmentreichen Formen ein langer gegliederter Schlauch mit vielen seitlichen Spaltöffnungen, bei den gedrungenen Cladoceren dagegen



Fig. 369. Daphnia pulex. *go* Ganglion opticum, darüber Opticus und zusammengesetztes Auge, *g* oberes Schlundganglion mit Naupliusauge, *s* Schalendrüse, *h* Herz, *o* Ovar, *e* Eianlagen, *k* Keimstätte. (Die Eianlagen lösen sich aus der Keimstätte ab, bilden bei *e* Gruppen von 4 Zellen, aus diesen entsteht 1 Ei (*o*) mit 3 abortiven Eiern; das wachsende Ei mit seinen 3 abortiven Eizellen (Dotterzellen) rückt (wiederum bei *e*) rückwärts, um in den Brutraum zu gelangen. *b* Brutraum mit Embryonen. *1* vordere, *2* hintere (Ruder-) Antenne, *3* Mandibel, (Maxille 4 ist rudimentär und nicht sichtbar), *5—9* die 5 Beinpaare.

ein Säckchen mit nur einem Paar Spalten. Sehr gross ist ferner die Schalendrüse.

In den weiblichen Geschlechtsorganen liegen die Eikeime zu Gruppen von 4 zusammen; aus jeder solchen Gruppe oder einem Eifach entwickelt sich nur ein Ei weiter, die anderen gehen zu Grunde und dienen dem bevorzugten Ei zur Nahrung. Noch grössere und dotterreichere Eier entstehen, wenn mehrere (2—12) Fächer verschmelzen und von den somit vereinten 8—48 Zellen nur eine sich weiterentwickelt und die übrigen 7—47 als Nährmaterial aufverbraucht. Die aus einem Eifach entstandenen Eier sind die relativ dotterarmen „Sommereier"; die Eier, zu deren Aufbau mehrere Eifächer dienten, sind die grösseren „Wintereier". Die Sommereier bilden nur einen Richtungskörper und entwickeln sich parthenogenetisch; die Wintereier dagegen, welche stets beide Richtungskörperchen erzeugen, bedürfen der Befruchtung, wenn sie nicht zu Grunde gehen sollen. Die parthenogenetischen Sommereier sind dünnschalig und werden meist in besonderen Bruträumen der Mutter eingeschlossen; ihre Embryonen kriechen nach verhältnissmässig kurzer Zeit aus. Die Wintereier dagegen sind mit festen Schalen umgeben, werden abgesetzt und bedürfen lang dauernder Ruhe; sie können eintrocknen und einfrieren, ohne die Keimfähigkeit zu verlieren, und können noch nach Jahren, unter günstige Bedingungen gebracht, junge Thiere liefern. Für manche Arten ist es sogar erwiesen, dass Eintrocknen und Einfrieren zu den für die Entwicklung nöthigen Vorbedingungen gehört. So erklärt sich, weshalb in Tümpeln oder Pfützen, die Jahre lang unbelebt waren, plötzlich die grossen *Apus* und *Branchipus* in überraschenden Mengen auftreten können.

Die merkwürdige Fortpflanzungsweise der Branchiopoden wird verständlich, wenn wir bedenken, dass dieselben vorwiegend Süsswasserbewohner sind; die Wintereier schützen die Existenz der Art während der ungünstigen Zeiten der Dürre und des Frostes; die Sommereier haben den Zweck, die günstigen Bedingungen des Frühjahrs und des Sommers zu rascher Vermehrung und Ausbreitung der Art zu benutzen. Durch diese Regelung der Fortpflanzungsweise ist es dahin gekommen, dass bei allen Branchiopoden die Männchen spärlich und nur zu Zeiten auftreten.

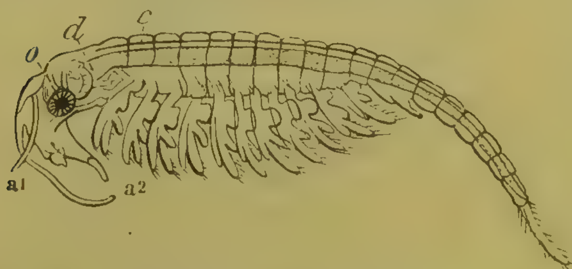


Fig. 370. Branchipus stagnalis (nach Leunis-Ludwig) a^1 erste, a^2 zweite Antenne, *o* Facettenauge, *d* Darm. *c* Herz.

I. Unterordnung. Die *Phyllopoden, Blattfüssler,* sind segmentreiche, meist mehrere Cm. grosse Thiere mit langgestrecktem Herz und deulichen Kiemen-Blatt-Füssen, welche zu einer halb schwimmenden, halb kriechenden Bewegung dienen, während die zweite Antenne zur Fortbewegung nicht benutzt wird. Die Thiere gewinnen ein ganz verschiedenes Aussehen je nach dem Vorhandensein und der Beschaffenheit der Mantelfalten. 1. Die *Branchipodiden* haben einen nackten Körper ohne jegliche Mantelduplicatur (Fig. 370), *Branchipus stagnalis* L., 1—2 cm gross, in Bächen und Tümpeln. *Artemia salina* L. in Salzlaken. Die Unterschiede beider Thiere sind wahrscheinlich durch den verschiedenen Aufenthaltsort bestimmt. Denn *Artemia* wird Branchipus ähnlich durch allmählige Versüssung des Salzwassers, und umgekehrt nähert sich *Branchipus* der Artemia, wenn man

ihn in leicht salzigem Wasser züchtet. — 2. Die *Apusiden* (Fig. 371) haben eine breite Rückenfalte, welche den dorsoventral abgeplatteten Körper zum grössten Theil von oben zudeckt: *Apus cancriformis* Schäff., der grösste Phyllopode des Süsswassers, 3 cm lang (ohne die Schwanzfäden). — 3. Die *Estheriden* besitzen eine linke und rechte Schale, welche den in querer Richtung zusammengepressten Körper vollkommen umhüllen. *Limnadia Hermanni* Brong.

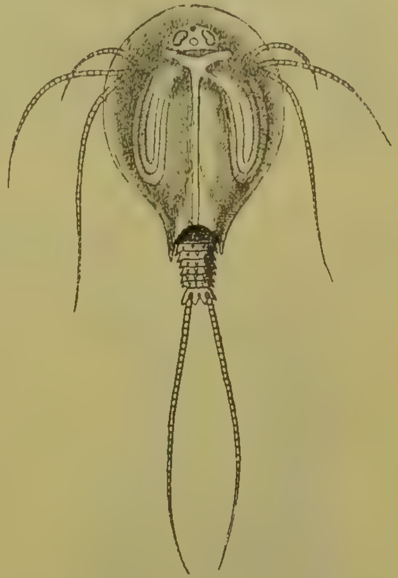


Fig. 371. Apus cancriformis (nach Leunis-Ludwig); der grössteTheil der Segmente von einer unpaaren Rückenfalte zugedeckt

II. Unterordnung. *Cladoceren.* Wie bei den Estheriden ist auch der Körper der sehr viel kleineren und segmentärmeren Cladoceren in eine Art Muschelschale eingeschlossen (Fig. 369). Die betreffende vom Kopf entspringende Mantelfalte ist bei vielen Cladoceren sehr klein und reicht wie eine Kapuze nur über die ersten Segmente, so dass man kaum von Schale reden kann; bei anderen ist sie rückwärts über den ganzen Körper ausgedehnt und durch eine scharfe, in einen Stachel auslaufende Knickung in der medianen Rückenlinie in eine linke und rechte Schalenklappe abgetheilt, welche vom Kopf durch eine Kerbe abgegrenzt werden; aus dieser Kerbe treten die starken Ruderantennen hervor, welche ausschliesslich das Schwimmen besorgen; neben ihnen findet man auch die kleinen ersten Antennen, die nur als Träger von Riechborsten — beim Männchen auch eines zum Festhalten des Weibchens bestimmten Hakens — dienen.

Auf die Anwesenheit der Schale sind wohl die meisten übrigen Merkmale der Cladoceren zurückzuführen: die gedrungene Beschaffenheit des segmentarmen Körpers, womit wiederum die Säckchenform des lebhaft pulsirenden Herzens zusammenhängt, die unpaare Beschaffenheit des Facettenauges, welches aus Verschmelzung einer linken und rechten Anlage entsteht und demgemäss dauernd von einem linken und rechten Opticus versorgt wird.

Bei den Cladoceren dient die Schale, auch da wo sie rudimentär ist, als Brutraum für die Sommereier. Der dicht hinter dem Herzen in den Schalenraum frei herunterhängende Körper kann den obersten Theil dieses Raums vollkommen abschliessen, wenn er mit einem nahe dem hinteren Ende vorhandenen Vorsprung gegen das Schalengewölbe gepresst wird. In dem so geschaffenen Brutraum werden die Sommereier häufig von der Mutter ernährt, indem in ihn eine eiweisshaltige Flüssigkeit ausgeschieden wird. Die grösseren Wintereier verweilen, 1 oder 2 an Zahl, bei vielen Cladoceren ebenfalls, wenn auch nur kurze Zeit, im Schalenraum, um ausser der eigenen festen Schale noch mit einer weiteren Hülle, dem Ephippium, versehen zu werden. Das Ephippium besteht aus 2 länglichen, uhrglasartig gewölbten Chitinplatten, die mit ihren Rändern fest aufeinander gepresst sind. Der Raum, welchen sie umschliessen, wird zum grössten Theil vom Ei erfüllt, im Uebrigen von zelligen Räumen mit chitinösen Wandungen, die sich mit Luft füllen und eine Art Schwimmgürtel bilden. Eingetrockneter Schlamm, in welchem Ephippien enthalten sind, ist geeignet, um Cladocerenculturen anzusetzen. Durch den Schwimmgürtel getragen gelangen

die Eier an die Wasseroberfläche und finden so die günstigsten Entwicklungsbedingungen.

Cladoceren mit gut entwickelter Schale sind die *Daphniden: Daphnia pulex* de Geer (Fig. 369). Bei den *Polyphemiden* dagegen ist die Schale rudimentär und nur als Brutraum von Bedeutung. *Bythotrephes longimanus* Leid. *Leptodora hyalina* Lillj., ein lichtscheuer, nur Nachts in grossen Schwärmen an der Oberfläche erscheinender Süsswasserbewohner.

III. Ordnung. Ostracoden, Muschelkrebse.

Die Ostracoden (Fig. 372) haben mit den Estheriden und Cladoceren das Gemeinsame, dass ihr Körper von einer linken und rechten Schale umschlossen ist; dieselbe ist in ganz überraschender Weise muschelähnlich; geschlossen bedeckt sie nicht nur den Körper, sondern auch den Kopf mit den Antennen; beim Schwimmen treten am deutlichsten die letzteren zwischen den Schalenrändern hervor. Der Schalenschluss wird durch quer verlaufende Adductoren vermittelt, denen ein dorsales, elastisches Ligament entgegenwirkt. Genügen die Schalenmerkmale schon zur Unterscheidung von Estheriden und Daphniden, so wird dieselbe noch weiterhin durch die Extremitäten begründet. Die vorderen einästigen und hinteren, häufig zweiästigen Antennen dienen beide zum Schwimmen oder Kriechen und sind nach abwärts gebogene, reich gegliederte und reich mit Borsten versehene Fäden. Die nun folgenden Extremitäten (Mandibel, Maxille und 3 Beine) haben fast jede ihre besondere Structur und sind auch von Gattung zu Gattung sehr verschieden gestaltet; variabel ist auch der innere Bau.

Fig. 372. Junge Cypris (aus Balfour nach Claus). *1* erste, *2* zweite Antenne, *3* Mandibel, *4* Maxille, *5—7* Beine (zum Theil auch maxillenartig), *s* die zweiklappige Schale, *d* Schalendrüse, *l* Leber, *f* Furca.

Cypridiniden, die ersten 2 Beinpaare maxillenartig, das letzte zum Putzfuss entwickelt, Herz vorhanden. _Cypridina mediterranea_ Costa. _Cypriden_, erstes Beinpaar maxillenartig, Herz fehlt. _Cypris fuscata_ Jur.

IV. Ordnung. Cirripedien, Rankenfüssler.

Von allen Crustaceen weichen die Cirripedien dadurch ab, dass sie die freie Ortsbewegung aufgegeben haben und nach Art der Brachiopoden festgewachsen sind. Zur Ansiedelung benutzen die Thiere mit Vorliebe Felsen, Holzpfähle und Tange, welche im Bereiche der Ebbe- und Fluthbewegung gelegen sind, oder auch, wenn sich die Gelegenheit dazu bietet, die Körper anderer Thiere, die Gehäuse von Schnecken und Muscheln oder die Panzer von Krebsen: wenige Arten sind sogar an ein ganz bestimmtes Thier als Aufenthaltsort gebunden, wie die auf Walfischen lebenden *Coronulen* und *Tubicinellen*, ein Raumparasitismus, der bei *Anelasma squalicola* und den

Rhizocephalen zu einem ganz ausgeprägten Parasitismus führt, indem das Wohnthier zugleich zum Zweck der Ernährung ausgesaugt wird.

Die Anheftung erfolgt mit dem Rücken ganz in der Nähe des vorderen Kopfendes; die ersten Antennen bedingen die erste Befestigung, die eine dauernde wird, indem eine Cementdrüse einen rasch erhärtenden Kitt liefert. Die Anheftungsstelle liegt bei den *Balaniden* (Fig. 374) in einer Ebene mit dem Kopf; bei den *Lepadiden* (Fig. 373) wird sie zu einem langen musculösen Stiel ausgezogen.

Die festsitzende Lebensweise ist das Punctum saliens, von dem aus alle übrigen Eigenthümlichkeiten der Cirripedien erklärt werden müssen. Es ist klar, dass festsitzende Thiere ein viel höheres Bedürfniss nach Schutz haben als Thiere, welche sich den Feinden durch die Flucht entziehen können. Daher finden wir nicht nur wie bei den Ostrakoden linke und rechte Schutzhüllen, sondern in diesen noch besonders erhärtete Kalkplatten, die man Scuta und Terga nennt (Fig. 373, 374 *s t*), erstere dem Kopf, diese dem hinteren Ende benachbart, beide nur durch einen schmalen Zwischenraum getrennt. Dazu kommen noch weitere Theile, die der dorsalen Nahtlinie der Ostrakodenschale entsprechen. Bei den gestielten *Lepadiden* findet sich ein unpaares, kahnartiges Stück, die Carina (*c*) selten noch weitere Stücke, darunter vor dem Stiel das ebenfalls unpaare Rostrum. Bei den ungestielten *Balaniden* sind Rostrum und Carina nicht nur kräftiger geworden, sondern es sind auch im Zwischenraum zwischen ihnen weitere paarige Stücke, die Lateralia, eingeschaltet. Lateralia, Rostrum und Carina erheben sich von einer gemeinsamen Kalkbasis, wie Zinnen einer Mauerkrone, und bilden eine Kapsel, deren oberer Zugang durch einen zweiklappigen Deckel, die Scuta und Terga der linken und rechten Seite, vollkommen geschlossen werden kann. Werden die beiden Klappen des Deckels geöffnet, so klafft zwischen ihnen ein weiter Spalt, durch den man an den Körper des Thieres gelangt.

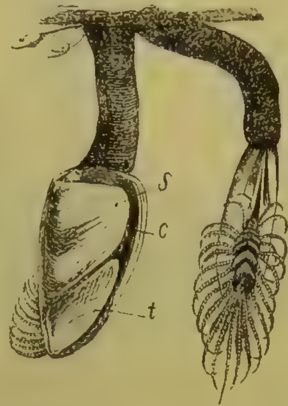


Fig. 373. Lepas anatifera (nach Schmarda). *c* Carina, *t* Tergum, *s* Scutum.

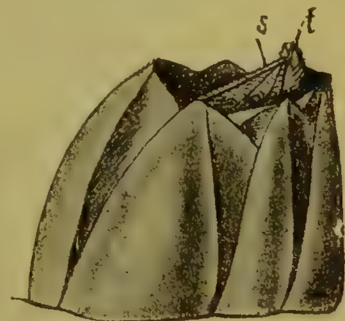


Fig. 374. Gehäuse von Balanus Hameri (aus Lang nach Darwin) in seitlicher Ansicht, gebildet von Rostrum, Lateralia und Carina. der Deckel besteht aus Scuta (*s*) und Terga (*t*).

Der Körper der Lepadiden und Balaniden hat im Wesentlichen denselben Bau; ventralwärts stark zusammengekrümmt, so dass die Mundöffnung der Afteröffnung genähert ist, trägt er 6 Paar Rankenfüsse (Fig. 373), die bei geöffneter Schale sich weit auseinander breiten und, indem sie zeitweilig zusammenschlagen, einen lebhaften, Nahrung zur Mundöffnung leitenden Strudel unterhalten. Die Rankenfüsse sind Spaltfüsse mit geringeltem und dichtbehaartem Innen- und Aussenast; zwischen ihnen verlängert sich das Abdomen in einen langen Penis. Von anderweitigen Extremitäten sind die vorderen Antennen, die Mandibeln und 2 Paar Maxillen zu nennen.

In der inneren Anatomie fällt vor Allem auf, dass mit wenigen Ausnahmen die Cirripedien im Gegensatz zu allen anderen Crustaceen und den meisten übrigen Arthropoden hermaphrodit sind, was wohl damit im Zusammenhang steht, dass die sitzende Lebensweise zuweilen Selbstbefruchtung nothwendig macht; indessen sind alle Einrichtungen so getroffen, dass eine Selbstbefruchtung möglichst vermieden wird. Der lange Penis ermöglicht es, dass die fast stets in Colonien zusammenlebenden Thiere sich gegenseitig befruchten. Für den Fall, dass ein getrenntes Vorkommen den Austausch verhindert, finden sich bei manchen hermaphroditen Arten die allen gonochoristischen Cirripedien zukommenden Zwergmännchen (Fig. 375). Dieselben sind microscopisch kleine, rein männliche Thiere mit äusserst vereinfachter Organisation, welche in der Mantelhöhle des Cirripeden nahe der Geschlechtsöffnung leben. Der gänzlich ungegliederte Körper ist in ein weichhäutiger Sack, welcher mit den Antennen fest verankert ist; aus dem einen Ende des Sacks tritt der lange Penis hervor.

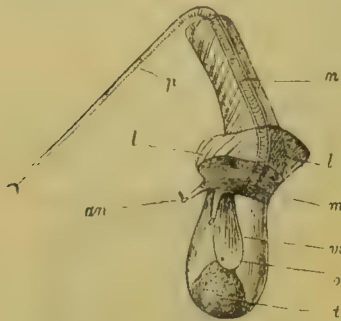


Fig. 375. Männchen von Alcippe lampas (aus Schmarda nach Darwin). *an* Antenne, *l* Mantellappen, *m*, *m* Muskeln, *oc* Ocellus, *p* Penis, *t* Hoden, *vs* Samenblase.

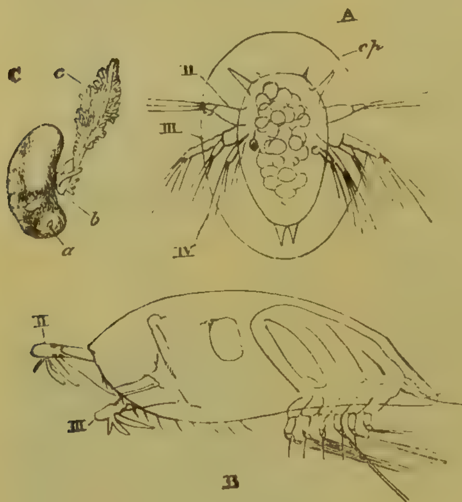


Fig. 376. Entwicklungsstadien von Rhizocephalen (aus Balfour). *A* Nauplius von Sacculina purpurea *B* Cyprisstadium von Lernaeodiscus porcellanae, *C* Ausgewachsene Sacculina purpurea. *II—IV* die 2 Antennen und die Mandibel. *a* Mantelöffnung, *b* und *c* Stiel mit den Anfängen der wurzelförmigen Ausläufer, *ep* Rückenschild.

Da die äussere Erscheinung der Cirripedien mehr an die Muscheln erinnert, ist es begreiflich, dass früher selbst wissenschaftliche Männer die Thiere thatsächlich für Mollusken hielten, wie der deutsche Name „Entenmuscheln" für die Lepadiden jetzt noch erkennen lässt. Klarheit verschaffte auch hier wieder die Entwicklungsgeschichte (Fig. 376); diese lehrte, dass aus den Eiern ein grosser Nauplius hervorkommt, welcher sich nach einiger Zeit in ein Thier mit zweiklappiger Schale verwandelt. Da letzteres einem Ostrakoden am meisten ähnelt, spricht man von einem Cyprisstadium. Die Cyprislarve setzt sich fest und wird zum Cirripeden.

I. Unterordnung. *Lepadiden.* Cirripedien mit Stiel; Schale hauptsächlich von Scuta, Terga und Carina gebildet, zu denen noch ein Rostrum kommen kann. *Lepas anatifera* L., Entenmuschel. Der deutsche Name nimmt Bezug auf eine Sage des Mittelalters. Da die Thiere sich hauptsächlich an Pfählen oder an Pflanzen festsetzen, hielt man sie für Auswüchse oder Früchte derselben; da ferner die Schale wegen der fiedrigen Extremitäten ihrer Einwohner mit einem Ei, in dem ein Vogelembryo liegt, einige Aehnlichkeit hat, deutete man die vermeintlichen Pflanzenfrüchte für Eier der Bernikelgans, *Anser torquatus*, und zog die für die Fastenvorschriften wichtige Consequenz, dass die Bernikelgänse keine Thiere seien, da sie aus Eiern stammen, die als Früchte an Bäumen reifen. *Anclasma*

squalicola Lovén, ein weichhäutiger Cirriped, der auf Haien schmarotzt und zu den Rhizocephalen überleitet.

II. Unterordnung. *Balaniden.* Cirripedien ohne Stiel, Skelet eine Kapsel aus Rostrum, Carina und Lateralia gebildet, über die Oeffnung legen sich Scuta und Terga als Deckel. *Balanus tintinnabulum* L. in zahlreichen Varietäten in allen Meeren vertreten. *Coronula balaenaris* L. siedelt sich auf der Walfischhaut an, welche die Gehäuse der Thiere bis zum Mündungsrand umwächst.

III. Unterordnung. *Rhizocephaliden.* Die Rhizocephalen (Fig. 377) weichen so sehr von allen Cirripedien ab, dass sie eine gesonderte Besprechung verlangen. Man kennt nur wenige Gattungen, unter denen *Sacculina,* welche auf Krabben, *Peltogaster,* welcher auf Einsiedlerkrebsen schmarotzt, die bekanntesten sind. Die *Sacculinen* und *Peltogaster*arten sitzen mit ihrem Stiel auf der ventralen Seite des Wirths an der Grenze von Cephalothorax und Abdomen; sie dringen mit dem Stiel in den Cephalothorax ein und durchsetzen mit reichlichen, an Wurzeln erinnernden Verästelungen besonders die Leber des Wirths, welche sie aussaugen. Da alle Ernährung durch den Stiel vermittelt wird, fehlt der Darm vollständig; der Körper, ein querovaler Sack ohne Gliederung und ohne Extremitäten, ist im Wesentlichen von den voluminösen Geschlechtsorganen erfüllt und wird von einem weichhäutigen Mantel umschlossen, welcher das Aequivalent der Cirripedienschale ist; aus der Schalenspalte ist eine kleine Oeffnung geworden, die man leicht irrthümlich für einen Mund halten kann. In der Mantelhöhle liegen in Gallertplatten verpackt die Eier.

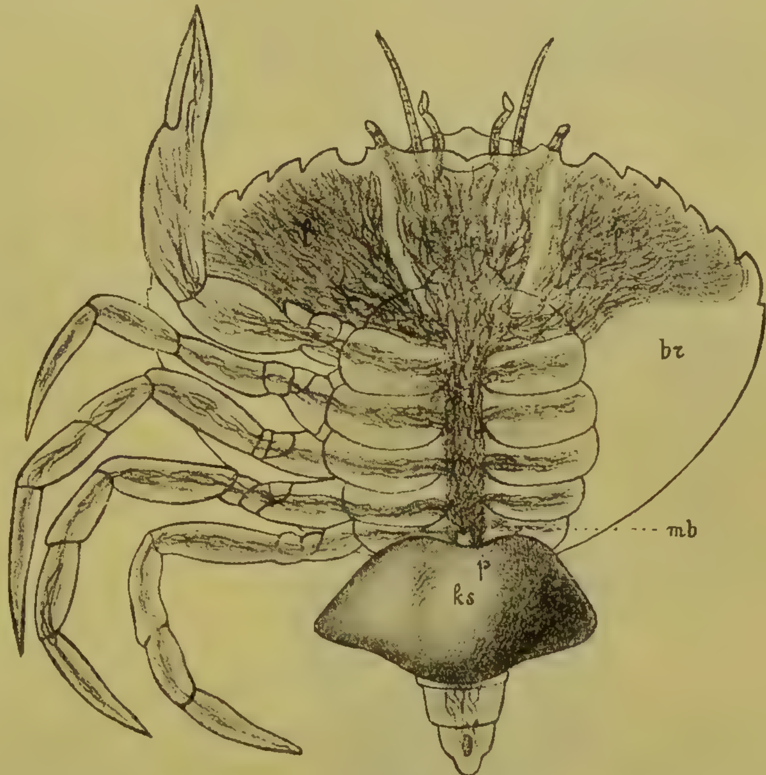


Fig. 377. Sacculina carcini im Zusammenhang mit ihrem Wirth, dem Taschenkrebs, dessen Abdomen zurückgeschlagen ist (aus Lang nach Delage). *ks* Körper der Sacculina, *p* Stiel, *mb* Ausgangspunkt des Wurzelgeflechts, welches namentlich den Darm (*d*) und die Leber (*l*) des Wirths umspinnt und durchsetzt, die Kiemenregion (*br*) dagegen frei lässt.

Da keines der für die Arthropoden charakteristischen Merkmale sich erhält, kann die systematische Stellung der Rhizocephalen nur durch die Entwicklungsgeschichte bewiesen werden. Die aus der Mantelöffnung ausschlüpfenden Larven sind Nauplien, welche sich in das Innere ihres Wirths einbohren und somit Entoparasiten sind (Fig. 376); erst später kommen sie mit dem Eingeweidesack wieder auf der Oberfläche zum Vorschein. *Peltogaster Paguri* Rathke auf Pagurus Bernhardi, *Sacculina carcini* Thomps. auf Carcinus maenas.

Von den typischen Cirripedien weichen ebenfalls nicht unerheblich kleine auf anderen Cirripedien und auf Muscheln parasitirende Formen ab, welche man in den weiteren Ordnungen der *Abdominalia* und *Apodes* zusammenfasst.

Anhang.

Im Anhang zu den Entomostraken wollen wir eine Reihe von Formen besprechen, deren systematische Stellung sehr zweifelhaft ist. Sicher ist nur ihre Arthropodennatur, dagegen wird darüber gestritten, ob sie zu den Crustaceen gehören, wofür ihr Leben im Wasser spricht, oder ob sie Verwandte der Arachnoideen sind, mit denen sie in auffälliger Weise in der Körpergliederung und der Zahl der Extremitäten übereinstimmen. Recent sind davon nur die Xiphosuren, ausgestorben die Trilobiten und Gigantostraken.

V. Ordnung. Xiphosuren, Pfeilschwänze.

Als Xiphosuren oder Pfeilschwänze bezeichnet man 3 Thierarten, die derselben Gattung *Limulus* angehören. Sie leben im Meer an sandigen Küsten und zeichnen sich ebensowohl durch die Eigenthümlichkeit als auch durch die hohe Stufe ihrer Organisation aus. (Fig. 378.)



Fig. 378 A. Limulus moluccanus vom Rücken betrachtet. *a* Abdomen, *ct* Cephalothorax, o^1 einfache, o^2 zusammengesetzte Augen (nach Rymer-Jones).

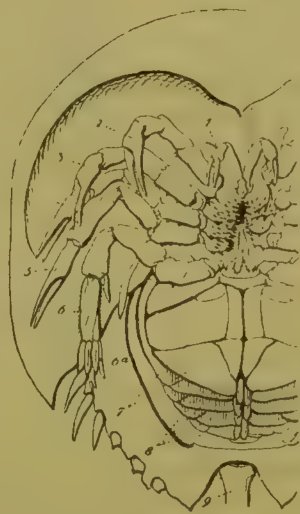


Fig. 378 B. Limulus moluccanus, ventrale Ansicht nur zum Theil dargestellt. *1—6* die Extremitäten des Cephalothorax, *6a* Anhang am sechsten Beinpaar, 7 Kiemendeckel, *8* Kiemen, *9* Basis des Stachels (aus Ludwig-Leunis).

Der Körper besteht aus einem grossen halbmondförmigen Cephalothorax und einem kleinen mit seitlichen Stacheln besetzten Abdomen, welches in einen kräftigen Schwanzstachel endet. Jeder Hauptabschnitt des Körpers zählt 6 verschmolzene, Extremitäten tragende Segmente; die 6 Extremitäten des Cephalothorax sind sämmtlich um die Mundöffnung herum gruppirt, beginnen mit kräftigen,

zum Kauen geeigneten Basalgliedern und enden zum grössten Theil mit Scheeren; die erste Extremität ist kleiner und präoral, empfängt aber ihre Nerven vom Bauchmark, so dass Antennen gänzlich fehlen. Die Abdominalgliedmassen sind blattartig und aus einzelnen Stücken zusammengesetzt, die sich bei genauer Prüfung als blattartig umgestaltete Theile (Basis, Innen- und Aussenast) eines Spaltfusses zu erkennen geben. Die erste an ihrer Basis mit dem Cephalothorax verwachsene Abdominalextremität ist ein derber Kiemendeckel; die darunter liegenden fünf folgenden tragen zahlreiche feine Kiemenblättchen, die quer und senkrecht zur Fläche in grossen Mengen wie Blätter eines Buches stehen. Während der Spaltfusscharakter und die Kiemenfunction der Abdominalextremitäten für die Verwandtschaft mit Crustaceen sprechen, ergeben der Mangel der Antennen, die Gruppirung und die Zahl der vorderen Extremitäten Merkmale, welche auf die Arachnoideen hinweisen. Auf der dorsalen Seite des Cephalothorax findet man dicht neben der Mittellinie 2 kleine Punktaugen (o^1), viel weiter seitlich 2 grosse Facettenaugen (o^2). Die innere Organisation steht auf gleicher Höhe mit dem Bau der höchst entwickelten Malakostraken, da ein gekammertes Herz mit schön verästelten Arterien und Venen und eine reich gelappte Leber vorhanden ist.

Die Thiere kriechen und wühlen langsam mit ihren Beinen im Sand, wobei der Schwanzstachel als ein Hebelapparat zur Aushülfe dient. Die jungen aus dem Ei schlüpfenden Thiere zeigen das sogenannte Trilobitenstadium; ihr Cephalothorax ist schon einheitlich, ihr Abdomen zeigt aber noch 8 vollkommen gut gegen einander abgegrenzte Segmente; durch letzteres Moment gewinnen sie eine überraschende Aehnlichkeit mit den Repräsentanten der nächsten Gruppe. *Limulus moluccanus* Latr.

VI. Ordnung. Trilobiten oder Palaeaden.

Die wichtigsten Fossilien aus der Gruppe der Arthropoden sind die Trilobiten oder Palaeaden, Thiere, welche in enormen Mengen im Silur auftreten, um schon im Carbon wieder auszusterben; sie gleichen den Xiphosuren durch die Gliederung des Körpers in einen halbmondförmigen Cephalothorax und ein häufig mit Stacheln besetztes Abdomen (Fig. 379); sie unterscheiden sich von ihnen dadurch, dass die Grenzen der Abdominalsegmente erhalten bleiben, dass ihre Zahl wesentlich grösser ist und mit dem Alter des Thiers eine Zunahme erfährt, dass ferner das letzte Abdominalsegment durch besondere Gestalt ausgezeichnet ist, weshalb es Pygidium heisst. Links und rechts von der Mittellinie verlaufen zwei Längsfurchen und theilen ein Mittelstück von zwei Seitenstücken ab, sowohl am Cephalothorax (Glabella und die beiden Genae) als auch am Abdomen (Rhachis und die beiden Pleurae). Nahe der Grenze von Glabella und Genae liegen 2 grosse zusammengesetzte Augen.

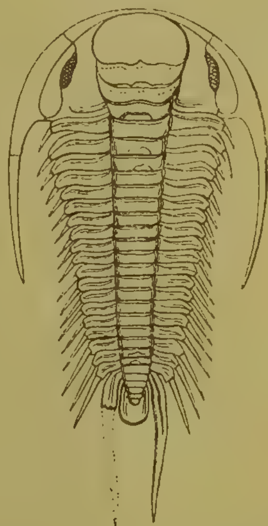


Fig. 379. Paradoxides bohemicus (aus Zittel).

Obwohl man Hunderte von Arten in zahlreichen, auf der Rückenseite vorzüglich erhaltenen Versteinerungen kennt, ist man doch über die Be-

schaffenheit der Bauchseite und der Extremitäten und damit auch über die Berechtigung, mit welcher man die Bezeichnungen Abdomen und Cephalothorax eingeführt hat, vollkommen im Ungewissen. Wahrscheinlich waren die ventralen Theile sehr zart, womit auch stimmt, dass man viele Trilobiten wie Igel eingekugelt findet. Eine einzige an Querschliffen angestellte Untersuchung sucht wahrscheinlich zu machen, dass die Extremitäten Spaltfüsse waren, an deren Basis geringelte Anhänge (Kiemen?) lagen. Das würde die Trilobiten in die Classe der Crustaceen verweisen. *Paradoxides Bohemicus* Barr. (Fig. 379.)

VII. Ordnung. Gigantostraken oder Eurystomen, Riesenkrebse.

Die Gigantostraken, welche ebenfalls auf die paläozoischen Formationen beschränkt sind, glichen dem Limulus noch mehr als die Trilobiten, 1. indem sie einen Cephalothorax (Kopf der Paläontologen) mit allerdings nur 5 Beinpaaren, 1 Paar zusammengesetzter und 1 Paar einfacher Augen besassen, 2. indem weiterhin 6 Abdominalsegmente (Thoraxsegmente der Paläontologen) folgten, an denen blattförmige, wahrscheinlich als Kiemen oder Kiementräger functionirende Anhänge befestigt waren. Zum Unterschied von Xiphosuren und Trilobiten verlängerte sich ihr Körper zu einem ebenfalls 6gliedrigen Postabdomen, das mit einem Schwanzstachel bewaffnet war. *Pterygotus anglicus* Ag. 1 mtr. lang.

II. Unterclasse.

Malakostraken.

Wie wir gesehen haben, stimmen alle Malakostraken darin überein, dass sie anstatt der Maxillardrüse die Antennendrüse besitzen, dass die Geschlechtsorgane im weiblichen Geschlecht am 11. Segment, im männlichen Geschlecht am 13. Segment münden, dass vor Allem die Gesammtzahl der Segmente stets 20 beträgt, von denen 7 dem Abdomen zufallen. Innerhalb der Gruppe unterscheidet man 2 Legionen, die **Arthrostraken** (Fig. 380) und die **Thorakostraken** (Fig. 381), oder wie man sie auch

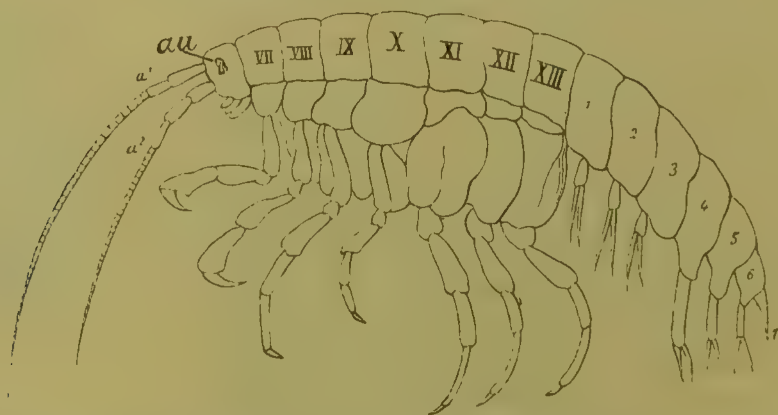


Fig. 380. Amphithoë (aus Gerstäcker). a^1 erste, a^2 zweite Antenne, VII–XIII die 7 freien Thoraxsegmente, 1—7 die 7 Abdominalsegmente, *au* Auge.

nennt, die **Edriophthalmen** und die **Podophthalmen**. Man charakterisirt die beiden Gruppen am besten, wenn man sie einander gegen-

überstellt und sich dabei von der gebräuchlichen Doppelbenennung leiten lässt.

Die Namen Arthrostraken und Thoracostraken beziehen sich auf die Anordnung der 13 ersten Segmente. Bei den Thoracostraken (Fig. 381) ist ein Cephalothorax vorhanden, indem ent-

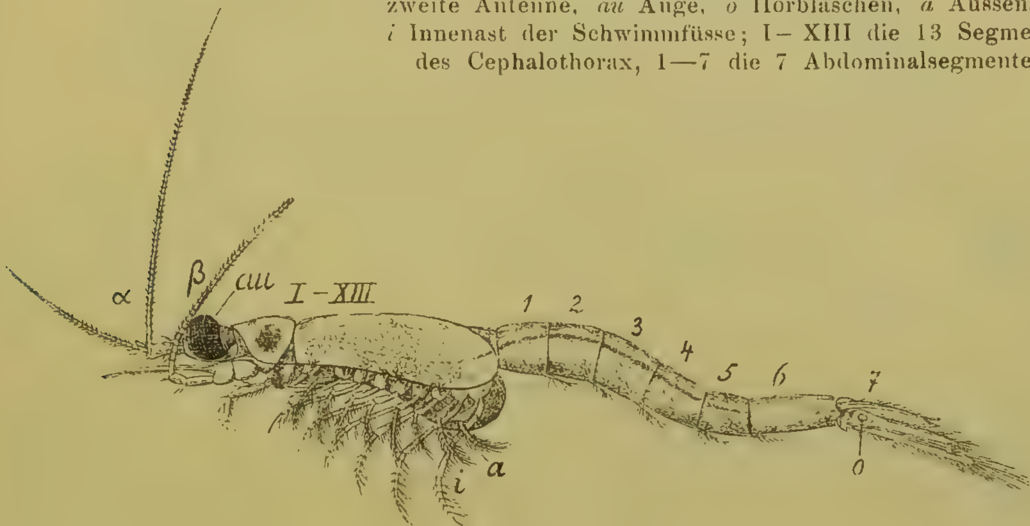


Fig. 381. Mysis elongata (aus Gerstäcker). α erste, β zweite Antenne, *au* Auge, *o* Hörbläschen, *a* Aussenast, *i* Innenast der Schwimmfüsse; I–XIII die 13 Segmente des Cephalothorax, 1—7 die 7 Abdominalsegmente.

weder sämmtliche Brustsegmente oder doch ein grösserer Theil derselben mit dem Kopf zu einem unbeweglichen, festgepanzerten Stück verbunden sind. Bei den Arthrostraken dagegen (Fig. 380) sind 7 Thoraxsegmente selbständig geblieben und verleihen dem Körper ein auffallend deutlich geringeltes Ansehen, während die 6 ersten Segmente des Körpers zu dem kleinen Kopfabschnitt verschmolzen sind.

Die mit der Bildung des Cephalothorax im Zusammenhang stehende geringere Beweglichkeit des vorderen Körperabschnitts hat vielleicht zu dem zweiten systematisch wichtigen Merkmal geführt; bei den Thorakostraken werden die beiden zusammengesetzten Augen von langen Stielen getragen, welche wie Extremitäten in einem Gelenk beweglich mit dem Kopf verbunden sind und daher früher allgemein, wenn auch vollkommen mit Unrecht, für Extremitäten gehalten wurden. Der gestielten Augen wegen heissen die Thoracostraken auch Podophthalmen, während man die Arthrostraken Edriophthalmen nennt, weil ihre zusammengesetzten Augen in gleichem Niveau mit der Umgebung liegen.

Der Gegensatz zwischen *Thoracostraken* und *Arthrostraken* verliert an Schärfe durch die Existenz der *Cumaceen*, welche eine Uebergangsgruppe bilden, indem sie den Anfang zur Bildung des Cephalothorax, aber keine gestielten Augen besitzen. Es sind nächtliche, im Sande lebende Thiere (*Diastylis stygia* Sars). — Noch wichtiger für die phylogenetische Beurtheilung der Crustaceen sind die *Nebalien* (*Nebalia Geoffroyi* M. Edw.), welche auf der Grenze von *Entomostraken* und *Malakostraken* stehen und in der Neuzeit als *Leptostraken* zu einer den Thorakostraken und Arthrostraken gleichwerthigen Abtheilung erhoben werden. Die Gesammtzahl (13) der Segmente des Kopfes (5) und des Thorax (8), desgleichen die Ausmündungsstelle der Geschlechtsorgane weisen auf eine nähere Verwandtschaft mit den Malakostraken hin; dagegen erinnern die lamellösen Brustfüsse

an die Branchiopoden. Beim Studium der inneren Anatomie fällt die gleichzeitige Anwesenheit der Antennendrüse und der allerdings rudimentären Schalendrüse auf, ferner der Bau des langgestreckten Herzens, welches sich durch Thorax und Abdomen erstreckt und so einen indifferenten Ausgangspunkt bietet für die so verschiedenartige Lage des Herzens bei *Amphipoden* und *Isopoden*. Eine zweiklappige Hautfalte deckt den Thorax und den Anfang des Abdomens.

I. Legion.

Edriophthalmen oder Arthrostraken.

Trotzdem der Kopfabschnitt der Edriophthalmen aus 6 Segmenten besteht, ist er ein auffallend kurzes Stück, welches 1 Paar sitzende Facettenaugen und 6 Paar Extremitäten trägt, nämlich: 2 Paar fadenförmiger Antennen, 1 Paar Mandibeln, 2 Paar Maxillen und 1 Paar Pedes maxillares. Die Kieferfüsse decken die übrigen Mundgliedmassen und bilden, indem sie in der Mittellinie dicht zusammengerückt sind, den Abschluss des Kopfs. Die auf den Kopf folgenden, scharf gegen einander abgesetzten 7 Thoraxsegmente sind mit Extremitäten ausgerüstet, welche durch Verlust des Schwimmfussastes zu Gangbeinen geworden sind und stets mit kräftigen Klauen oder Scheeren enden. Dagegen sind die 6 Paar Pedes spurii des Abdomen stets Spaltfüsse. Stets extremitätenlos ist am ganzen Körper nur das letzte Abdominalsegment.

Was die innere Anatomie anlangt (Fig. 382), so ist das Nervensystem interessant, weil es in auffallend klarer Weise den Bau eines Strickleiternervensystems veranschaulicht (vergl. auch Seite 96, Fig. 72). Der Darm ist ein gerade gestrecktes Rohr mit einer als Kaumagen dienenden Anschwellung nahe dem vorderen Ende. In den Darm münden zweierlei Drüsen, einige Leberschläuche dicht hinter dem Kaumagen, in den Endabschnitt 2 excretorische Canäle, die man wie bei den Insecten Vasa Malpighi nennt. Athmungs- und Circulationsorgane sind verschieden und ermöglichen 2 Ordnungen einander gegenüber zu stellen, die schon nach ihrer Körpergestalt leicht zu unterscheidenden *Amphipoden* und *Isopoden*.

I. Ordnung. Amphipoden, Flohkrebse.

Die Amphipoden sind ausschliesslich Wasserbewohner, die im Süsswasser vor Allem durch den in Bächen an Wasserpflanzen und unter Steinen lebenden *Gammarus pulex*, im Meer durch die *Phronimen*, *Caprellen* etc. vertreten werden. Ihre Bewegungen sind lebhaft hüpfend, wobei ihnen die Gestalt ihres Körpers zu Gute kommt, welcher von links nach rechts zusammengedrückt und über den Rücken stark gewölbt ist. Beim Schwimmen wird das Abdomen kräftig gegen die Brust eingeschlagen. (Fig. 380, 382.)

Die Thoracalfüsse sind dadurch bemerkenswerth, dass nach innen von ihrer Basis zarthäutige Kiemenplatten oder Kiemensäcke (Fig. 383 *br*) entspringen, ein Lieblingssitz vieler Infusorien und Rotatorien, da sie beständig mit frischem Wasser umspült werden. Beim Weibchen treten hierzu noch weiter die Brutplatten (*brl*), feste Chitinlamellen, die von links und rechts unter dem Bauch zusammenneigen und vermöge ihrer Krümmung einen Raum zur Aufnahme der Eier

und der jungen ausschlüpfenden Brut erzeugen. Zur Erneuerung des Athemwassers dienen die drei ersten Abdominalfüsse, welche lebhaft

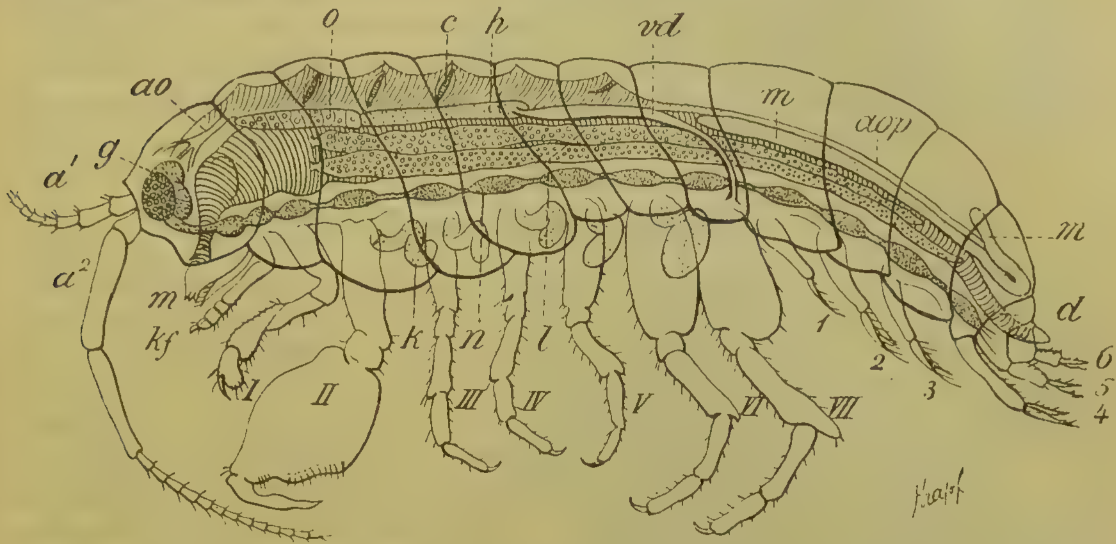


Fig. 382. Orchestia cavimana (nach Nebeski). *c* Herz mit Ostien, *ao* vordere, *aop* hintere Aorta, *o* Ovar, *h* Hoden, *vd* Vas deferens, *d* Darm, *m* Malpighi'sches Gefäss, *l* Leberschläuche, *g* Hirnganglion mit Auge, *n* Bauchmark, *k* Kiemen. a^1 erste, a^2 zweite Antenne, *m* Mandibel, *kf* Kieferfuss, I—VII Beine des Thorax, 1—3 vordere, 4—6 hintere Abdominalfüsse.

rudernd einen ständigen Wasserstrudel nach den Kiemen unterhalten; sie sind Spaltfüsse mit schlanker Basis, schlankem Innen- und Aussenast; die 3 hinteren Abdominalextremitäten sind zwar ebenfalls Spaltfüsse, aber von gedrungenem Bau, sie sind kräftige Springstangen, mit denen die Thiere sich aufstützen und durch das Wasser schnellen.

Die Lage der Kiemen am Thorax ist Ursache, dass sich von dem langgestreckten Crustaceenherz, wie es noch bei den Phyllopoden und Leptostraken auftritt, nur der vordere thoracale Theil mit meist 3 Ostienpaaren erhält, während der abdominale Abschnitt rückgebildet wird. Der Geschlechtsapparat ist bei wenigen Arten (Fig. 382) hermaphrodit.

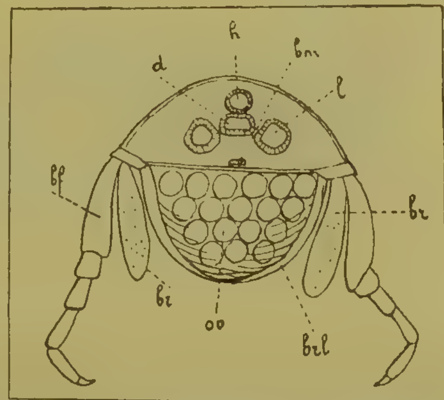


Fig. 383. Schematischer Querschnitt durch den Thorax eines Amphipoden, Corophium longicorne (aus Lang nach Delage). *d* Darm, *h* Herz, *bm* Bauchmark, *l* Leber, *br* Kieme, *brl* Brutlamelle, *ov* Eier im Brutraum, *bf* Brustfüsse.

Die 3 Unterabtheilungen zeigen eine fortschreitende Tendenz zu parasitischer Lebensweise.

I. Unterordnung. Die *Crevettinen* sind vollkommen frei lebende, schlanke, geschickte Schwimmer mit kleinem Kopf. *Cheluriden*, marine, holznagende Formen: *Chelura terebrans* Phil., den Pfahlbauten gefährlich. *Gammariden*, vorwiegend Süsswasserformen: *Gammarus pulex* L. in Bächen, *Niphargus puteanus* Koch blind, in Brunnen und Seen.

II. Unterordnung. Die *Hyperinen* haken sich mit ihren kräftigen Klammerbeinen an pelagische Thiere, welche sie ausfressen, fest; sie haben einen auffallend grossen Kopf mit auffallend grossen Augen. *Phronimiden: Phronima sedentaria* Forsk. frisst den Cellulosemantel von Salpen und Pyrosomen aus und rundet ihn zu einem Tönnchen ab, in welches sie

sich mit dem Vorderende einnistet, während sie das hervortretende Abdomen zum Rudern und Steuern benutzt.

III. Unterordnung. *Laemodipoden* sind durch Parasitismus verändert, indem die ersten Segmente mit dem Kopf verwachsen, andere zum Theil die Extremitäten verlieren. Auf Hydroidpolypen schmarotzen die langgestreckten *Caprelliden: Caprella linearis* L., auf Walfischen die gedrungenen *Cyamiden*: *Cyamus ceti* L.

II. Ordnung. Isopoden, Asseln.

Die Asseln oder Isopoden unterscheiden sich von den Amphipoden in erster Linie dadurch, dass ihr Körper dorso-ventral abgeplattet ist; sie sind breit und flach, bewegen sich demgemäss auf dem Boden nur langsam kriechend oder im freien Wasser gleichmässig rudernd. Die Beine sind Schreitbeine und wie bei den Amphipoden im weiblichen Geschlecht mit Brutplatten ausgerüstet (Fig. 384), dagegen fehlen an ihnen die Kiemenanhänge, da zur Athmung ein Theil der Afterfüsse des Abdomens dient. Am Abdomen ist, wie bei allen Malakostraken, das letzte Abdominalsegment extremitätenlos; am vorletzten befindet sich eine Extremität, die je nach ihrer Verwendung

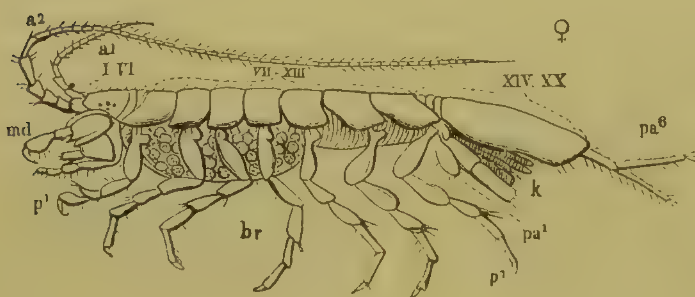


Fig. 384. Asellus aquaticus (aus Leunis-Ludwig). a^1 erste, a^2 zweite Antenne, *md* Mandibel, p^1—p^7 Beine des Thorax, pa^1—pa^6 Pedes spurii des Abdomens zum Theil zu Kiemen (*k*) modifizirt, *br* Brutraum, I—VI die 6 verschmolzenen Kopfsegmente, VII—XIII die 7 Thoraxsegmente, XIV—XX die 7 zum Theil verschmolzenen Abdominalsegmente.

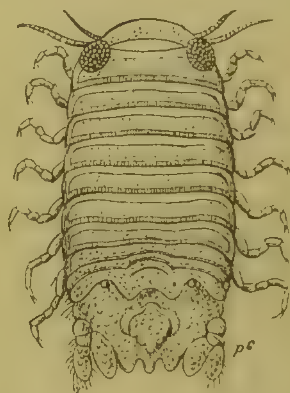


Fig. 385. Cymothocea emarginata vom Rücken gesehen (nach Gerstäcker). p^6 die sechsten Pedes spurii, welche Schwimmplatten darstellen.

verschieden aussieht, bei schreitenden Asseln (Fig. 384) ist sie ein griffelförmiger Spaltfuss, bei schwimmenden Asseln dagegen sind Innen- und Aussenast zu Ruderplatten geworden (Fig. 385), welche gemeinsam mit dem 7. Abdominalsegment einen breiten, zum Rudern geeigneten Fächer abgeben. Die 5 vorderen Beinpaare sind endlich in den Dienst der Respiration getreten, das erste, indem es den Kiemendeckel, die folgenden, indem sie die Kiemen liefern. Bei jeder respiratorischen Extremität ist Innen- und Aussenast des Spaltfusses eine breite Athemplatte geworden. — Infolge der abdominalen Lage der Kiemen ist das mit nur 2 Paar Ostien ausgerüstete Herz ebenfalls im Abdomen untergebracht.

Die Kiemenlamellen der Abdominalfüsse dienen auch bei den landbewohnenden Asseln zur Respiration von feuchter Luft. Nur bei den Gattungen *Porcellio* und *Armadillio* finden sich besondere Einrichtungen,

indem sich im Kiemendeckel ein System von Lufträumen entwickelt, welches, wenn auch nicht anatomisch, so doch physiologisch den Tracheen der Insecten vergleichbar ist.

Bei den Asseln ist die Neigung zu parasitischer Lebensweise noch grösser als bei den Amphipoden; viele schwimmende Formen ernähren sich, indem sie sich mit ihren zu Stechorganen umgewandelten Mundwerkzeugen in die Haut von Fischen einbohren, wobei sie sich mit den scharfen Krallen ihrer Beine festhalten. Bei nicht wenigen Arten kommt es so zu einem typischen Parasitismus. Die *Bopyriden* wohnen in der Kiemenhöhle von Garneelen, die sie ausdehnen, und erhalten, den Raumverhältnissen sich anpassend, eine ganz asymmetrische Gestalt. *Cryptoniscus* ist ein unförmlicher Schlauch, der sich am Stiel von Sacculina ansaugt und, nachdem er das Abfallen dieses Parasiten veranlasst hat, dessen Stiel und Wurzelgeflecht zur eigenen Ernährung weiter benutzt. Am merkwürdigsten sind die *Entonisciden* (Fig. 386), welche, die Körperhaut von Decapoden vor sich einstülpend, in das Innere eindringen. Die abenteuerliche Form, welche sie hier gewinnen, wird namentlich durch die in viele Lappen entwickelten Brutlamellen bedingt. Vielfach sind die Thiere hermaphrodit, haben aber ausserdem supplementäre Zwergmännchen (Fig. 386 *A*).

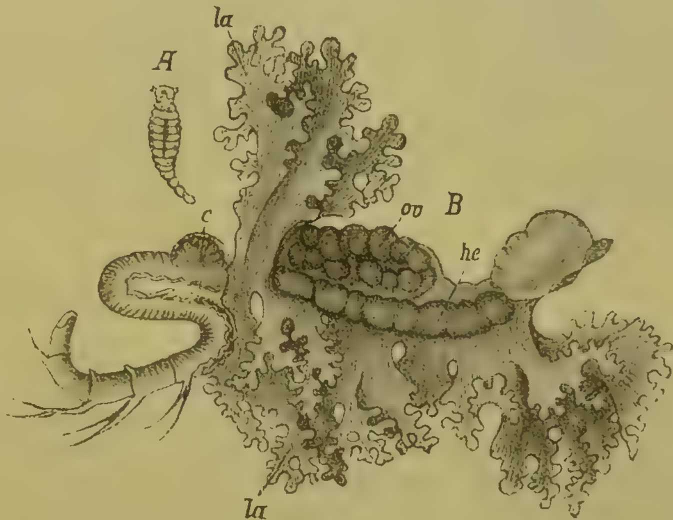


Fig. 386 Entoniscus porcellanae (aus Gerstäcker nach Müller). *A* Männchen, *B* Weibchen, *la* Brutlamellen, *c* Herz, *ov* Ovar, *he* Leber.

Mit griffelförmigen sechsten Afterfüssen sind ausgerüstet die Landasseln *Onisciden: Oniscus murarius* Cuv., Mauerassel, und *Porcellio scaber* Leuck., Kellerassel, und die Wasserasseln *Aselliden: Asellus aquaticus* L. — Dagegen sind die sechsten Pedes spurii Ruderplatten bei den *Sphaeromiden*, Kugelasseln, und den *Cymothoiden*, Fischasseln. Zu den ersteren gehört ausser typischen Formen wie *Sphaeroma serratum* Fabr. die früher den Aselliden zugerechnete *Limnoria terebrans* Leach, welche das Holz von Schiffen und Hafenbauten zernagt und dadurch grossen Schaden anrichtet. Die Cymothoiden (*Cymothocea emarginata*, Fig. 385) sind Fischparasiten und leiten zu den parasitisch hochgradig degenerirten *Bopyriden* (*Bopyrus squillarum* Latr.) und *Cryptonisciden* über (*Cryptoniscus pygmaeus* Müll. und *Entoniscus porcellanae* Müll., Fig. 386). — Eine Mittelstellung zwischen Amphipoden und Isopoden endlich nehmen die Scheerenasseln, *Tanaiden* (*Anisopoden*) ein: *Tanais dubius* Kr.

II. Legion.

Thoracostraken, Podophthalmen, Panzerkrebse.

Für die Thoracostraken haben wir 2 Merkmale als charakteristisch hingestellt: 1. d a s s s i e g e s t i e l t e A u g e n b e s i t z e n, 2. d a s s

Kopf und Brust zum Cephalothorax verschmolzen sind. Der Charakter der gestielten Augen lässt sich in gleichmässiger Ausbildung durch die ganze Ordnung hindurch verfolgen. dagegen ergeben sich in der Ausbildung des Cephalothorax Unterschiede, je nachdem alle 13 ersten Segmente verschmolzen sind oder einige frei bleiben. Weitere Unterschiede betreffen die Extremitäten, von denen nur die 5 ersten bei allen Podophthalmen gleich sind, nämlich 2 Paar Antennen, 1 Paar Mandibeln, 2 Paar Maxillen. Was dagegen die 8 folgenden anlangt, so können sie sämmtlich noch ihre ursprüngliche locomotorische Function beibehalten haben oder sie sind zum Theil zu Kieferfüssen (Pedes maxillares) geworden. Auf die Unterschiede in der Beschaffenheit des Cephalothorax und der Extremitäten gründet sich die Eintheilung in 3 Ordnungen: 1. Schizopoden, 2. Stomatopoden, 3. Decapoden.

I. Ordnung. Schizopoden.

Die Schizopoden (Fig. 381) besitzen schon den vollentwickelten Cephalothorax der Thoracostraken, indem sich vom Kopf aus eine Falte über den Rücken legt, welche bis zum Abdomen reicht und mit allen oder den meisten Thoraxsegmenten verschmilzt; dagegen bewahren sie in der Beschaffenheit der Extremitäten primitive Zustände. Von den 13 Extremitäten des Cephalothorax sind die 8 letzten Schwimmfüsse und demgemäss mit Aussen- und Innenast versehen. Zum Schwimmen tragen ferner die Spaltfüsse des Abdomen bei, besonders die des 6. Paares, welche mit dem extremitätenlosen 7. Segment gemeinsam das Telson oder den Schwanzfächer erzeugen, wie er bei sämmtlichen Podophthalmen mit Ausnahme der Krabben vorkommt. Das Telson ist eine kräftig das Wasser vor sich hertreibende Ruderplatte, die aus 5 Stücken besteht; die Mitte bildet das siebente Segment, links und rechts davon liegen die lamellös umgestalteten Innen- und Aussenäste der sechsten Abdominalextremitäten. Merkwürdigerweise enthalten die Innenäste ein vollkommen geschlossenes Hörbläschen. Die zarte Beschaffenheit des Integuments ermöglicht eine ausgedehnte Hautathmung; daher fehlen Kiemen ganz oder sind unbedeutende Anhänge der Brust- oder Bauchextremitäten.

Am verbreitetsten ist die Familie der *Mysideen*, in Nord- und Ostsee sowie auch in anderen Meeren durch die wenige Cm lange *Mysis flexuosa* O. Fr. Müll. vertreten. Weitere Familien sind die selteneren *Euphausiden* und *Lophogastriden*.

II. Ordnung. Stomatopoden.

Die Stomatopoden mit der einzigen Familie der Heuschreckenkrebse oder *Squilliden* sind in der Bildung des Cephalothorax nicht so weit vorgeschritten, wie die Schizopoden, da mindestens die 3 letzten Segmente des Thorax vollkommen frei bleiben. Rücksichtlich der Extremitäten sind sie dagegen höher entwickelt, da nur die 3 letzten freien Thoraxsegmente Schwimmfüsse tragen, während die 5 vorhergehenden mit den für die Abtheilung äusserst charakteristischen Raubfüssen ausgerüstet sind. Beim Raubfuss sind die beiden letzten Glieder sehr lang und kräftig; das letzte, säbelartig gekrümmt und mit scharfen Spitzen besetzt, kann in eine Rinne des vorletzten, wie die

Klinge eines Taschenmessers in das Heft, eingeschlagen werden und dadurch schwere Schnittwunden hervorrufen. Der zweite Raubfuss ist am kräftigsten und dient den selbst Fischen gefährlichen Thieren zum Zerfetzen ihrer Beute (Fig. 387).

Da die thoracalen Extremitäten für die Fortbewegung von untergeordneter Bedeutung sind, ist das Abdomen sehr lang und kräftig, besonders der Schwanzfächer. Letzterer wird in seiner Wirkung unterstützt von den 5 ruderartig abgeplatteten vorderen Bauchfüssen, die zugleich die ansehnlichen Kiemenbüschel tragen. Mit der Verbreitung der Kiemen am Abdomen und der ganz aussergewöhnlichen Ausdehnung des letzteren hängt es zusammen, dass auch das Herz als ein langgestreckter Schlauch mit vielen Ostien in das Abdomen eindringt.



Fig. 387. Squilla mantis. *at*, *at*[1] erste und zweite Antenne, *pr* u. *pr*' Raubfüsse, *p* Spaltfüsse des Thorax, *ps* Füsse des Abdomens mit Kiemenbüscheln (*k*), *sa* letztes Abdominalsegment, welches mit dem sechsten Pes spurius (*f*) das Telson bildet.

Die Familie der *Squilliden* ist in europäischen Meeren durch die *Squilla mantis* Rond. vertreten, welche ihren Namen der Aehnlichkeit mit Mantis religiosa, einer ebenfalls mit Raubfüssen ausgerüsteten Heuschrecke, verdankt. Die durchsichtigen pelagischen Larven der Squillen wurden früher unter dem Namen *Alima* und *Erichthus* als besondere Arten beschrieben.

III. Ordnung. Decapoden.

Ihre höchste Organisationsstufe erreicht die Classe der Crustaceen in den Decapoden, einer Gruppe, die noch weiteres Interesse dadurch gewinnt, dass die bekanntesten Krebse, unser Flusskrebs, der Hummer, die Languste, die Garneelen und Krabben hierher gehören. Mit den Schizopoden haben die Decapoden den vollkommen entwickelten, aus 13 verschmolzenen Segmenten bestehenden Cephalothorax gemein; sie unterscheiden sich von ihnen dagegen durch den Bau und die Verwendung der Brustextremitäten. Nur die 5 letzten Paare (daher der Name Decapoden) dienen zur Fortbewegung; sie haben den während der Larvenstadien (Mysisstadium) (Fig. 395) häufig noch vorhandenen Schwimmfussast verloren und sind kräftige Gangbeine geworden, welche entweder mit Krallen oder mit Scheeren endigen. Eine Scheere findet sich gewöhnlich an dem durch bedeutendere Grösse ausgezeichneten ersten Beinpaar; dasselbe wird dann nicht mehr zur Fortbewegung benutzt, sondern erhoben getragen und dient sowohl zur Vertheidigung wie zum Ergreifen der Beute; beim Männchen besonders stark entwickelt, hilft es auch, das Weibchen bei der Begattung festhalten. Zur Bildung einer Scheere kommt es, indem das vorletzte Glied des Beines einen Fortsatz nach vorn treibt, welcher neben und nach aussen von dem letzten Glied vorbei wächst und ihm, als der beweglichen Branche, gegenüber die feststehende Branche der Scheere liefert.

Extremitäten.

Vor der Scheere liegen dicht gedrängt hinter einander die **Mundextremitäten**, im Ganzen 3 Paar Kieferfüsse und 3 Paar Kiefer (Fig. 355); sie können, wenn man in der Betrachtung von dem dritten Kieferfuss nach der Mandibel fortschreitet, vortrefflich erläutern, in welcher Weise ein Spaltfuss zu einem Kiefer umgewandelt wird. Die dritten Kieferfüsse (7), welche alle übrigen Mundgliedmassen zudecken, haben noch vollkommen den Spaltfusscharakter, indem eine zweigliedrige Basis einen kräftigen Aussen- und Innenast trägt. Dadurch, dass die zweigliedrige Basis den Charakter von Kauladen gewinnt und die beiden Aeste kleiner werden, leiten die vorderen Kieferfüsse (5 u. 6) zu den Maxillen über, die aus 2 Kauladen mit rudimentärem Palpus bestehen (3 u. 4). Bei der Mandibel ist, wie überall, nur das unterste Basalglied zu einem, dafür um so kräftigeren Kauorgan umgebildet, an welchem stets ein Palpus mandibularis ansitzt (2). Hinter der Mandibel folgen 2 Schüppchen, welche unter dem Namen Paragnathen früher fälschlich als Extremitäten beschrieben worden sind. Die **ersten** (1) **und zweiten Antennen** besitzen eine kräftige Basis, welche bei der vorderen kleineren Antenne 2—3, bei der grösseren hinteren nur einen geringelten Faden (Geissel) trägt. Das Basalglied der ersten Antenne hat auf seiner oberen Seite eine ovale, von starken Haaren geschlossene Oeffnung, welche in die Hörgrube einleitet; das Basalglied der zweiten Antenne ist durch einen Höcker, die Mündungsstelle der grünen Drüse (Niere) ausgezeichnet. (Fig. 392 *gd.*)

So lange das Abdomen nicht wie bei den Krabben rudimentär ist, sind die Extremitäten des sechsten Segments als äussere Platten des Schwanzfächers (Telson) breite, beim Schwimmen hauptsächlich thätige Flossen (Fig. 390); die übrigen Extremitäten (Fig. 355, 9) sind kleine Spaltfüsse, an denen das Weibchen seine Eier mit sich herumführt. Sie verkümmern beim Weibchen am ersten Segment, sind dagegen beim Männchen hier gut entwickelt, löffelförmig ausgehöhlt und dienen gemeinsam mit dem zweiten Paar zur Begattung. Da ausserdem die weibliche Geschlechtsöffnung in der Basis des 3. Gehfusses (11. Segment), die männliche im Basalglied des 5. Gehfusses (13. Segment) angebracht ist, und da die Scheeren des Männchens viel kräftiger sind, können bei allen Decapoden die Geschlechter leicht unterschieden werden.

Kiemen. Lunge.

Die starke Panzerung der Körperoberfläche macht bei den Decapoden eine ausgiebige Hautathmung unmöglich und bedingt die Anwesenheit zahlreicher schöner Kiemenbüschel, welche zum geringeren Theil an der Seitenwand des Cephalothorax, zum grösseren Theil an der Basis der Extremitäten (Pedes maxillares und Gangbeine) entspringen (Fig. 388). Aeusserlich gewahrt man von ihnen nichts, weil links und rechts vom Rücken aus eine Falte entspringt, welche als ein hartschaliger Kiemen-

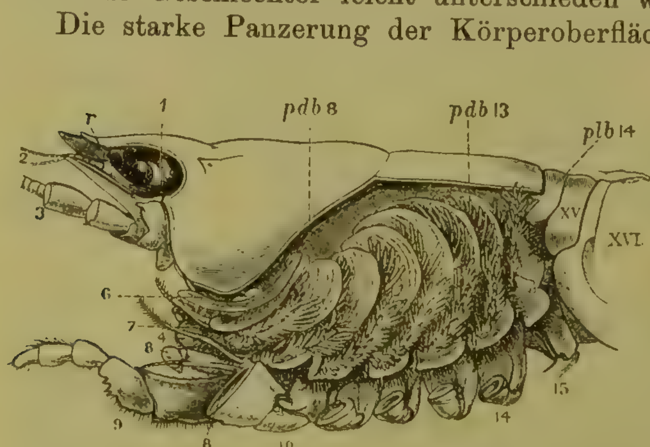


Fig. 388. Kiemen des Flusskrebses durch Abschneiden des Kiemendeckels freigelegt. *1* Augenstiel mit Auge, *2* u. *3* Antennen, *4—6* Kiefern, *7—9* Kieferfüsse, *10—14* die basalen Enden der 5 Thoraxbeine mit den Kiemenanhängen (*pdb*), *pdb*^{8}, *pdb*^{13}, *pdb*^{14} die Anhänge der gleich numerirten Extremitäten, *XV, XVI* erstes und zweites Abdominalsegment, *15* erster Pes spurius, *r* Rostrum.

deckel sich über die Kiemen herüberwölbt. Da der Faltenrand fest an die Extremitätenbasis anschliesst, entsteht eine nahezu vollkommen geschlossene Kiemenhöhle. Nur am vorderen Rand klafft der Spalt und bildet eine Oeffnung, welche durch einen lamellösen Anhang der zweiten Maxille geschlossen ist, der durch seine lebhaften Bewegungen Wasser aus der Kiemenhöhle aus- und einpumpt. Alle Decapoden können lange ausserhalb des Wassers, namentlich in feuchten Pflanzen verpackt, leben. Das hängt damit zusammen, dass die Thiere genügend Wasser in ihrer Kiemenhöhle bewahren, um die Kiemen feucht und functionsfähig zu erhalten. Bei manchen Arten, die dauernd auf dem festen Lande leben, kommt aber auch eine echte Luftathmung vor, indem ähnlich wie bei den Lungenschnecken die Kiemenhöhle zu einer Art Lunge verwandelt wird, deren Wandung von einem respiratorischen Gefässnetz überzogen ist. (Fig. 389.) Ein sicher constatirtes Beispiel ist *Birgus latro*, dessen Athemhöhle durch eine Einschnürung in 2 Etagen getheilt ist, eine obere, welche als Lunge functionirt, eine untere, welche die Reste von Kiemen beherbergt.

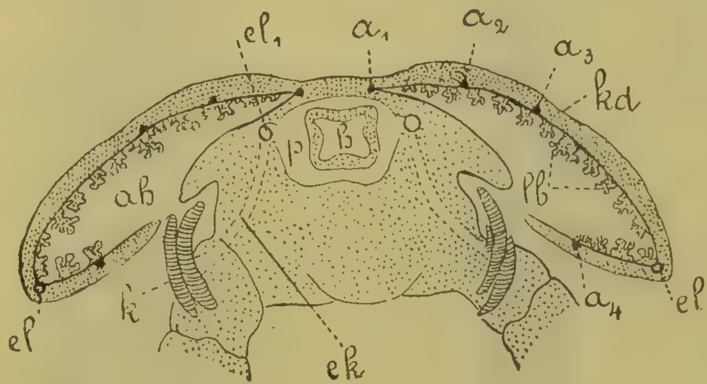


Fig. 389. Lunge von Birgus latro, auf einem schematischen Querschnitt durch das Thier auf der Höhe des Herzens dargestellt (aus Lang nach Semper). *kd* Kiemendeckel mit zuführenden Gefässen ($a^1 - a^4$) und Lungenbüscheln (*lb*) auf seiner Innenseite umgiebt die Athemhöhle (*ah*); *el* Blutgefässe, die zum Herzbeutel (*p*) und Herzen (*h*) das Lungenblut leiten; *k* rudimentäre Kiemen mit zum Herzen führenden Kiemengefässen (*ek*); el_1 Einmündung der Lungen und Kiemengefässe in den Herzbeutel.

Der hochgradig localisirten Athmung entspricht ein nahezu geschlossenes Blutgefässsystem. (Fig. 390, 391.) Das Herz (*h*), ein gedrungener Körper von der Gestalt einer Bischofsmütze, empfängt das arterielle Blut durch 3 Paare von Ostien aus dem Pericardialsinus (*pc*), einem besonders abgegrenzten Theil der Leibeshöhle, und giebt es durch zahlreiche Arterien wieder in den Capillarbezirk des Körpers ab; das venös gewordene Blut gelangt in einen grossen Venensinus an der Basis der Kiemen und nach Durchströmung der letzteren mittelst zahlreicher Kiemenvenen nach dem Herzbeutel. Blutgefässsystem.

Der Darm der Decapoden (Fig. 390) ist gerade gestreckt und besitzt nur eine ansehnliche Erweiterung in dem Kaumagen (*cs*), einem Sack, dessen Innenwand mit spitzzackigen Chitinleisten und Zähnen zur Zerkleinerung der Nahrung dient, dessen Aussenwand die sogenannten Krebssteine oder Krebsaugen umschliesst. Letztere sind Ablagerungen von kohlensaurem Kalk, welche schwinden, wenn der frisch gehäutete Krebs, der sogenannte Butterkrebs, sich seine Schale neubildet, weil der kohlensaure Kalk dann zur Erhärtung des Chitins verbraucht wird. Hinter dem Kaumagen münden die beiden Leberlappen (*Lr*), die aus fein verästelten Drüsenschläuchen bestehen und fast die ganze Leibeshöhle füllen. Darm.

Ebenfalls sehr ansehnlich sind die beiden spangrünen Antennendrüsen (Fig. 392 *gd*), die mit einer grossen Harnblase (*h*) versehen sind. Vom Geschlechtsapparat ist als interessant hervorzuheben, dass die dorsal dicht unter dem Herzen gelegenen paarigen Geschlechts- Niere. Geschlechtsorgane.

drüsen (Fig. 393) in ihrem hinteren Abschnitt verschmelzen, während die Ausführwege paarig bleiben.

Fig. 390.

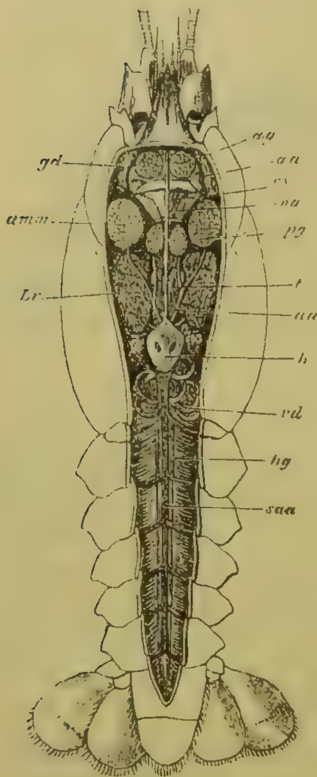


Fig. 391.

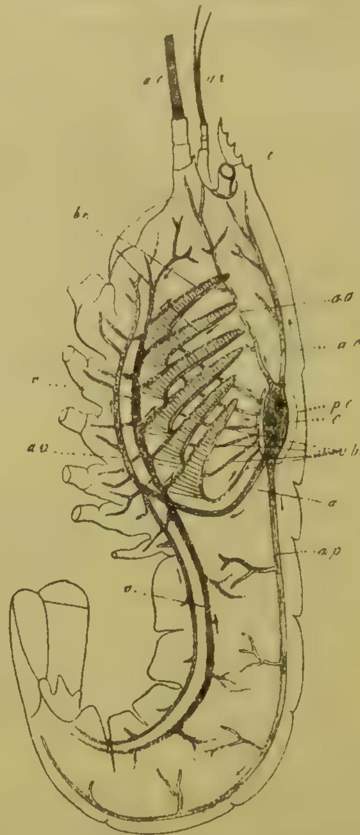


Fig. 392.

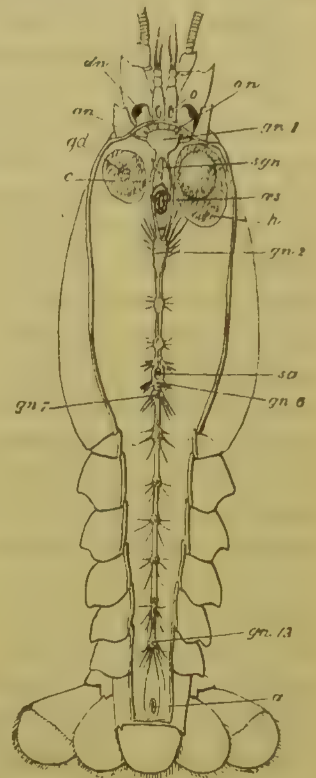


Fig. 390—392. Anatomie des Flusskrebses (nach Huxley und Gegenbaur). Fig. 390. Rückendecke des Cephalothorax und Abdomen entfernt; *h* Herz, *oa*, *aa*, *saa* davon ausgehende Arterien; *ag*, *pg* vordere und hintere Muskeln des Magens, *amm* die grossen Kaumuskeln der Mandibeln; *cs* Kaumagen, *hg* Enddarm. *Lr* Leber, *gd* grüne Drüse, *t* Hoden, *vd* Vasa deferentia. — Fig. 391. Anordnung des Blutgefässsystems; *c* Herz mit Spaltöffnungen, *pc* Pericard, *ao*, *aa*, *a*, *ap*, *av* Körperarterien, *v* Venensinus, welcher das Blut aus dem Capillarbezirk des Körpers sammelt und an die Kiemen (*br*) abgiebt; *vbr* Kiemenvenen, welche das arterielle Blut zum Pericard leiten, von wo es durch die Spaltöffnungen des Herzens aufgenommen wird. Die Pfeile deuten die Richtung des Blutstroms an, quere Schraffirung den venösen Charakter der Blutbahn; *ai* innere oder erste, *ae* äussere oder zweite Antenne, *o* Auge. — Fig. 392. Rückendecke von Cephalothorax und Abdomen entfernt, alle Eingeweide mit Ausnahme des Nervensystems und der grünen Drüse herausgenommen; gn^1 oberes Schlund- oder Hirnganglion, gn^2, gn^6, gn^7, gn^{13}, Ganglienpaare des Bauchmarks, *dn*, *an* Nerven der ersten und zweiten Antenne, *on* Sehnerv, *o* Eingang in die Hörgrube, daneben Augenstiel mit Auge, *c* Commissuren zum Bauchmark, *sgn* Sympathicus (Nerven zum Darm), *oes* durchschnittener Oesophagus, *a* After, *gd* grüne Drüse, links mit Ansatzstelle der abgeschnittenen Harnblase, rechts von der Harnblase (*h*) bedeckt.

Nervensystem.

Der Bau des Nervensystems hängt von der Beschaffenheit des Abdomens ab; nach letzterem unterscheidet man systematisch *Macruren* und *Brachyuren*. Nur bei den Langschwänzen, wie z. B. unseren Flusskrebsen, ist das Abdomen (Schwanz) wohlentwickelt, bei den Kurzschwänzen dagegen, den Krabben, ist es klein und in eine Rinne des Cephalothorax eingeschlagen, so dass es auf den ersten Blick zu fehlen scheint und nur mühsam herausgeklappt werden kann (Fig. 377). Bei den Macruren (Fig. 392) ist das Bauchmark des Nervensystems eine gegliederte Ganglienkette mit 6 Ganglien des Cephalothorax, 6 Ganglien des Abdomens; bei den Krabben (Fig. 394) dagegen fliessen alle Ganglien des Bauchmarks in

einen grossen Brustknoten zusammen, der mit dem Hirn durch 2 lange Schlundcommissuren zusammenhängt.

Die Entwicklungsgeschichte der meisten Decapoden ist durch die grosse Zahl der

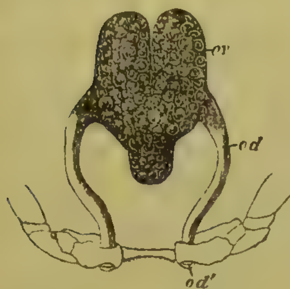


Fig. 393 a. Weibliche Geschlechtsorgane des Flusskrebses. *ov* Ovar, *od* Oviduct, *od*[1] Mündung desselben an der Basis der 11. Extremität (aus Huxley).



Fig. 393 b. Männlicher Geschlechtsapparat des Flusskrebses. *t* Hoden, *vd* Vas deferens, *vd*[1] Mündung desselben an der Basis der 13. Extremität (aus Huxley).

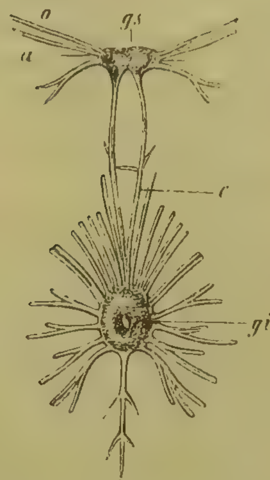


Fig. 394. Nervensystem einer Krabbe (aus Gegenbaur). *gs* oberes Schlundganglion. *o* Opticus, *a* Antennennerven, *c* Schlundcommissuren, *gi* Bauchmark zu einem einzigen Ganglion verschmolzen.

Larvenformen interessant. Die Regel ist, dass aus dem Ei eine Zoëa (Fig. 364) ausschlüpft, die sich in das Mysisstadium (Fig. 395) verwandelt; auf letzterem ist der Thorax (*T*) sowohl vom Kopf (*C*) wie vom Abdomen (*A*) abgesetzt und trägt zarte, an die Schizopoden erinnernde Spaltfüsse. Bei den Krabben wird das Mysisstadium von der Megalopalarve ersetzt, bei welcher das Abdomen noch gut entwickelt ist, die Füsse aber den Spaltfusscharakter schon verloren haben. (Fig. 396.) Bei manchen

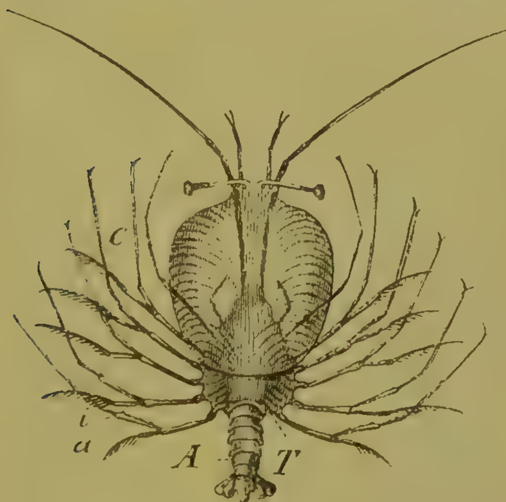


Fig. 395. Phyllosomalarve (Mysisstadium) von Palinurus (nach Gerstäcker). *C* Kopf, *T* Thorax *A* Abdomen, *a* Aussenast, *i* Innenast der Thoraxgliedmassen.

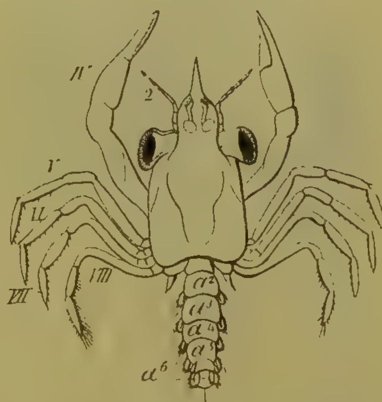


Fig. 396. Megalopalarve von Portunus. 2 zweite Antenne, IV—VIII die Thoracalextremitäten, $a^1 - a^6$ die Segmente des Abdomens (a^6 bezeichnet, anstatt des sechsten, das siebente Abdominalsegment (aus Lang nach Claus).

Garneelen wird die Metamorphose noch vervollständigt, indem sich vor die Zoëa noch der dreibeinige Nauplius und der mit vielen Beinen ver-

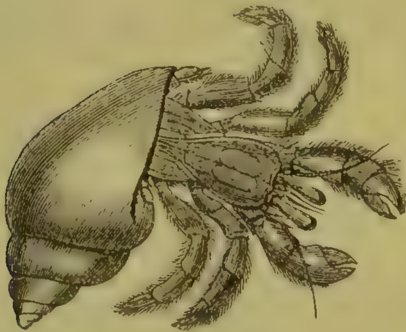
sehene *Metanauplius* einschiebt. Dieses für Schizopoden ebenfalls geltende Auftreten des Nauplius ist eine Thatsache von ganz hervorragender Bedeutung; sie zeigt, dass der Nauplius als die ursprüngliche Larvenform aller Crustaceen angesehen werden muss. — Unser Flusskrebs und andere Decapoden haben die Metamorphose verloren; sie haben aber im Embryonalleben ein lang anhaltendes Stadium, auf dem nur 3 Extremitätenpaare vorhanden sind, das **Naupliusstadium.**

I. Unterordnung. *Macruren.* Abdomen kräftig entwickelt, Bauchmark langgestreckt.

1. *Cariden, Garneelen.* Die Thiere sind streng genommen keine echten Decapoden, da das letzte Kieferfusspaar noch vollkommen beinartig ist und die Zahl der Beine auf 12 erhöht. Dieser ursprünglicheren Beschaffenheit entspricht das Auftreten des Nauplius während der Entwickelung bei einigen Arten, z. B. bei *Penaeus caramote* Desm. Die bekanntesten Garneelen sind die in Schwärmen auftretenden *Crangon vulgaris* Fabr. der Nord- und Ostsee, *Palaemon squilla* L. des Mittelmeers.

2. *Astaciden,* Krebse im engeren Sinne, haben sehr kräftig entwickelte Scheeren. Die Gattung Astacus ist in vielen Arten durch das Süsswasser über die ganze Welt verbreitet; bei uns einheimisch *Astacus fluviatilis* Rond.; in der Mammuthhöhle in Kentucky der kleine *Astacus pellucidus* Tellk., der als Höhlenbewohner die Augen verloren hat. Nahe verwandt der grösste Malacostrake, der Hummer, *Homarus vulgaris* Bel.

3. *Palinuriden,* auch wegen ihrer besonders starken Panzerung *Loricaten* genannt, haben keine Scheeren; ihre Mysislarven sind im Gegensatz zum ausgebildeten Thier äusserst zart und wurden unter dem Namen Phyllosoma (Fig. 395) früher als besondere Krebse beschrieben. *Palinurus quadricornis* Latr., Languste des Mittelmeers, übertrifft den Hummer an Wohlgeschmack.


Fig. 397. Pagurus barbatus mit seinem Schneckenhaus (aus Schmarda).

4. *Paguriden,* Einsiedlerkrebse, zeigen die ersten Anfänge von Verkümmerung des Abdomens, welche durch ihre Lebensweise veranlasst wird (Fig. 397). Sie fressen Schnecken aus ihren Gehäusen heraus und nisten sich selbst in das letztere ein Ihr Abdomen wird in Folge dessen zu einem weichen, entsprechend der Asymmetrie des Schneckenhauses asymmetrischen Sack; nur der Cephalothorax bleibt hart gepanzert. Viele Einsiedlerkrebse tragen auf ihren Schalen Actinien mit sich herum, so der *P. Priedeauxi* Leach., die *Adamsia palliata* Boh. (vergl. S. 134). Nahe verwandt ist *Birgus latro* Herbst, der Cocusnussräuber, von dem in den Tropen behauptet wird, dass er Tags in Erdlöchern wohne, Nachts Cocospalmen erklettere und von ihren Früchten lebe. Seine Athemhöhle ist in ihrem oberen Abschnitt zu einer Art Lunge geworden, während im unteren die rudimentären Kiemen liegen. (Fig. 389.)

II. Unterordnung. *Brachyuren, Krabben.* Abdomen rudimentär und gegen den Cephalothorax eingeschlagen; Bauchmark concentrirt.

1. *Notopoden.* Letzte Beinpaare auf den Rücken verschoben: sie dienen den *Dromiden* zum Festhalten von Schwämmen oder zusammengesetzten

Ascidien, welche sie sich wie Masken über den Cephalothorax stülpen, um sich unkenntlich zu machen. *Dromia vulgaris* Edw.

2. *Oxystomen.* Das Mundfeld bildet nicht wie sonst ein oblonges Viereck, sondern ein Dreieck mit nach vorn gerichteter Spitze. *Calappa granulata* L.

Die übrigen zahlreichen Familien der Krabben werden nach der vorderen Umgrenzung des Cephalothorax in folgenden 3 Gruppen angeordnet.

3. *Oxyrhynchen.* Cephalothorax nach vorn in eine Spitze ausgezogen. *Maja squinado* Rond. sorgt, dass ihr Cephalothorax von Algen und Hydroiden dicht bewachsen ist, um sich im Tang leichter zu verstecken.

4. *Cyclometopen.* Der vordere Rand des Cephalothorax bogenförmig abgerundet. Am bekanntesten sind die Taschenkrebse: *Cancer pagurus* L. und der kleine Taschenkrebs *Carcinus maenas* L.

5. *Katometopen.* Der vordere Cephalothoraxrand bildet eine quere Linie, welche in rechtem Winkel mit den Seitenkanten zusammenstösst, so dass der gesammte Körper viereckig wird (Quadrilatera). Manche Viereckskrabben verlassen das Meer: die *Gelasimusarten* bewohnen das Süsswasser, namentlich Sümpfe; die *Geocarciniden* leben mitten in Wäldern der Südseeinseln; zur Fortpflanzungszeit wandern sie zur Eiablage in Schaaren zum Meer. *Geocarcinus ruricola* L.

II. Unterstamm.

Tracheaten.

Wenn man den Crustaceen alle übrigen Arthropoden unter dem gemeinsamen Namen Tracheaten gegenüberstellt, so geschieht es mit Rücksicht auf die Beschaffenheit ihrer Extremitäten und ihrer Respirationsorgane. Die Extremitäten besitzen die einreihige Anordnung der Glieder und sind somit niemals Spaltfüsse; ferner findet sich niemals mehr als eine präorale Extremität, eine Antenne. Die Respirationsorgane sind durchgängig auf die Luftathmung berechnet, da die Tracheaten vorwiegend das feste Land bewohnen. Allerdings giebt es unter den Spinnen und Insecten manche Arten, welche, wie die Silberspinne, die Wasserkäfer und Wasserwanzen, ausschliesslich oder den grössten Theil der Zeit über im Wasser leben; allein diese hören nicht auf, Luft zu athmen und müssen von Zeit zu Zeit an die Oberfläche kommen, um ihre Athmungsorgane mit neuem Sauerstoff zu versorgen. Eine Ausnahme bilden nur gewisse Insectenlarven und einige degenerirte Spinnen (Wassermilben und Tardigraden), indem erstere ihre Luftathmungsorgane in höchst eigenthümlicher Weise an die Wasserathmung anpassen, letztere ausschliesslich durch die Haut respiriren.

Die besonderen Athmungswerkzeuge der Tracheaten sind die Tracheen. (Fig. 398, 399.) Mit der Trachea des Menschen haben dieselben nur gemein, dass sie Röhren sind, deren mit Luft gefülltes Lumen von festen Wandungen stets klaffend erhalten wird; sonst unterscheiden sie sich in jeder Beziehung, vor Allem dadurch, dass sie auf der Oberfläche der Haut durch Oeffnungen, die Stigmata, münden. Sie sind Einstülpungen der Haut und haben daher auch die Structur

derselben, ein Epithel und eine von demselben ausgeschiedene Chitinschicht. Letztere heisst, da sie das Canallumen auskleidet, „Tracheenintima", sie bedingt das Klaffen der Wandung: ihre Festigkeit wird durch eine Chitinleiste, den Spiralfaden verstärkt, welcher in so flachen Windungen aufsteigt, dass man zunächst den Eindruck der Ringelung erhält und erst durch Dehnen der Trachee die Spiraltouren nachweisen kann. Für die Anordnung der Tracheen kann man im Allgemeinen die Regel aufstellen, das jedes Segment ein linkes und rechtes Stigma und ein linkes und rechtes Tracheenbüschel hat (Fig. 56). Dieses Grundschema ist indessen bei keinem Tracheaten vollkommen durchgeführt; meist haben einige Segmente keine eigenen Tracheen und werden von Nachbarsegmenten versorgt (Fig. 399), oder die segmentalen Büschel verbinden sich durch Längsstämme, was zur Folge hat, dass sich nur an einem Theil der Segmente die Stigmenpaare erhalten, welche das ganze einheitlich gewordene Canalsystem mit Luft füllen. — Weit verbreitet sind bei den Tracheaten zweierlei Drüsen am Anfang des Darms; die einen münden in die Mundhöhle und sind die **Speicheldrüsen**, die anderen münden neben der Mundöffnung auf einer der Mundextremitäten und heissen je nach dem Secret, welches sie erzeugen, **Gift-, Schleim- oder Spinndrüsen**. Ausserdem besitzen fast sämmtliche Tracheaten die als Niere functionirenden **Vasa Malpighi**, Anhänge des Enddarms; wie der Enddarm sind die Malpighi'schen Gefässe ectodermaler Herkunft und durch Einstülpung der Haut entstanden. Ihre Mündungsstelle ist daher ein sicherer Beweis, wie ausserordentlich weit sich das ectodermale Proctodaeum namentlich bei Insecten (Fig. 411, 412) in das Körperinnere hineinerstreckt.

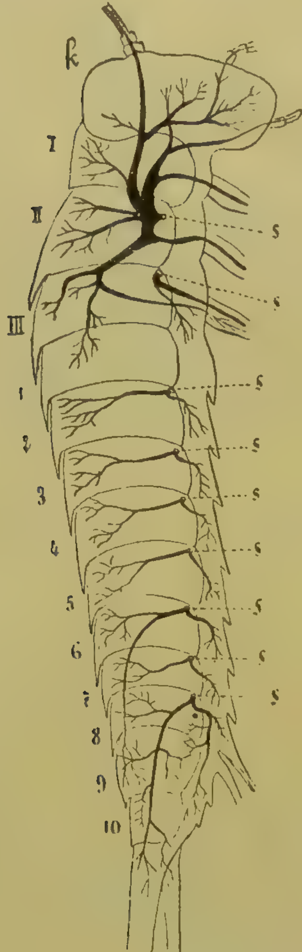


Fig. 399. Tracheensystem der rechten Seite von Machilis maritima (aus Lang nach Oudemans). *s* Stigmen und Tracheenbüschel, *k* Kopf, I—III Thoraxsegmente, *1—10* Abdominalsegmente.



Fig. 398. Tracheenbüschel einer Raupe (aus Gegenbaur). *A* Hauptstamm, *B*, *C*, *D* Verästelungen; *a* Epithel mit Kernen, *b d* Luftinhalt der Trachee.

II. Classe.

Protracheaten, Onychophoren.

Früher beschrieb man im Anhang zu den Anneliden einige der Gattung *Peripatus* angehörige Arten unter dem Namen *Onychophoren*, obwohl mehrere Forscher schon die Anklänge an den Bau der Arthropoden richtig herauserkannt hatten. Die Sicherheit, dass die *Peripatiden* Tracheaten seien, wurde jedoch erst gewonnen, als Zoologen zum ersten Mal auf der Challengerexpedition Gelegenheit hatten, lebende Thiere zu beobachten und die kleinen silberweissen Tracheenbüschel, welche im Spiritus luftleer, farblos und daher schwer nachweisbar werden, aufzufinden.

Die *Peripatiden* (Fig. 400) zeigen in ihrer Organisation ein merk-

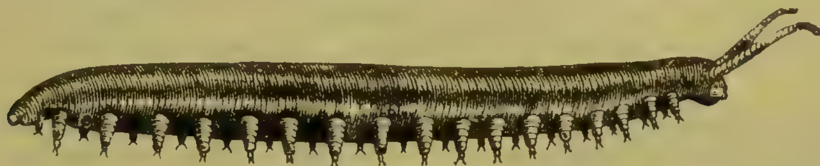


Fig. 400. Peripatus capensis (aus Balfour nach Moseley).

würdiges Gemisch von Charakteren der Arthropoden und Anneliden mit Merkmalen einer niedrigen Organisationsstufe, so dass man sie als Vorläufer der Tracheaten bezeichnen kann, die sich von den Anneliden sehr frühzeitig abgezweigt haben. An die Anneliden werden wir erinnert durch die Anwesenheit typischer, bei Arthropoden sonst nicht vorkommender Segmentalorgane (Fig. 401 *so*), die mittelst eines weiten, in der Neuzeit allerdings in Abrede gestellten Trichters in der Leibeshöhle beginnen und nach kurzem Verlauf und nach Bildung einer Harnblase nach aussen münden. Als ein unzweifelhafter Tracheat erweist sich der Peripatus durch den Besitz von Tracheen (Fig. 401 *tr*). Diese sind lange, unverästelte Röhren, welche in grossen Mengen von einem Stigma entspringen. In jedem Segment sind zahlreiche solche Büschel vorhanden.

Die Mittelstellung des Peripatus drückt sich ferner in den Extremitäten aus, welche beweglich wie die Beine der Arthropoden an dem weichhäutigen, nicht geringelten Körper ansitzen und mit Krallen versehen sind, dabei aber mit den Parapodien der Anneliden noch eine

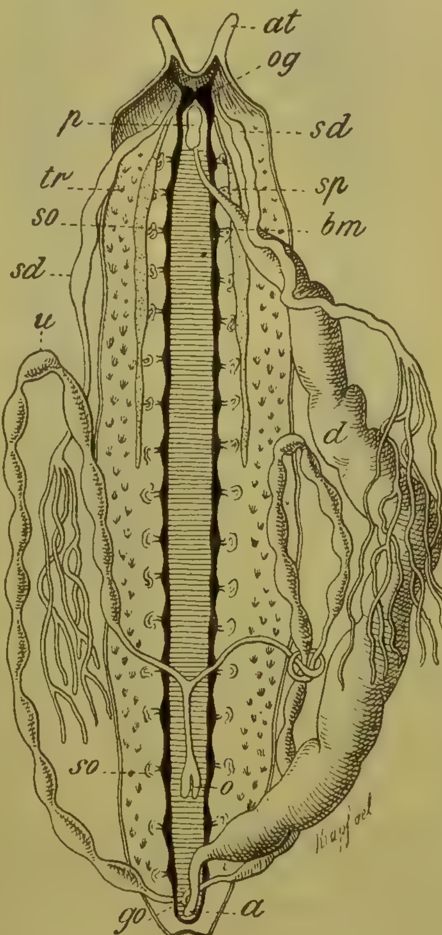


Fig. 401. Anatomie eines weiblichen, vom Rücken geöffneten Peripatus (combinirt aus Zeichnungen von Balfour und Moseley). *at* Antennen, *og* Hirn, *bm* Bauchmark, *p* Pharynx, *d* Darm, *sp* Speicheldrüsen, *sd* Schleimdrüsen, *o* Ovar, *u* Uterus, *go* Geschlechtsöffnung, *a* After, *tr* Tracheenbüschel, *so* Segmentalorgane.

gewisse Aehnlichkeit bewahren, indem sie weder deutlich geringelt, noch scharf gegen den Körper abgesetzt sind. Sämmtliche Rumpfsegmente sind mit Beinen ausgerüstet, der einheitlich erscheinende Kopf mit drei Gliedmaassen, 1 Paar geringelter Antennen, 1 Paar in der Mundhöhle verborgener Kiefer, deren Endklauen das Kauen besorgen, 1 Paar Oralpapillen, auf deren Spitze Schleimdrüsen münden, deren klebriges Secret weit herausgespritzt wird und zum Einfangen von Insecten dient. (Fig. 401 *sd.*)

Als Beweis für die niedrige Organisationsstufe des Peripatus kann das Nervensystem dienen, welches wie bei den Plattwürmern aus einem Paar Hirnganglien (*og*) und davon ausgehenden Längssträngen (*dm*) besteht. Erstere innerviren die sehr primitiven Augen und die Antennen; diese versorgen die übrigen Extremitäten und sind segmentweis schwach angeschwollen, wodurch die Bildung des Strickleiternervensystems vorbereitet wird; sie hängen hinter dem After zusammen.

Zur Vervollständigung der Schilderung sei noch hervorgehoben, dass das gerade gestreckte Darmrohr (*p* u. *d*) nur mit Speicheldrüsen (*sp*) versehen ist, dass es in ganzer Länge von einem dorsalen Herz begleitet wird, dass dicht vor dem After der gonochoristische Geschlechtsapparat mündet (*go*). Die Thiere sind zum Theil lebendig gebärend, leben in faulendem Holz am Tag versteckt, um Nachts ihre Beute zu erjagen. Man kennt mehrere Arten aus weit entfernten Gegenden, aus Südafrika *Peripatus capensis* Gr., aus Neuseeland *P. novae Zealandiae* Hutt. etc.

III. Classe.

Myriapoden, Tausendfüssler.

Unter den seit Langem schon bekannten Tracheatenclassen stehen die Myriapoden den Protracheaten am nächsten, da ihre Gliederung fast ebenso gleichförmig ist wie bei diesen. Der Kopf besteht aus drei verschmolzenen Segmenten, zu denen sich bei den *Chilopoden* noch das erste Rumpfsegment gesellt. Alle übrigen Körpersegmente, höchstens mit Ausnahme der letzten, tragen Beine, welche demgemäss in grosser Zahl vorhanden sind und den Namen Myriapoden veranlasst haben. Ein Fortschritt giebt sich immerhin schon äusserlich darin zu erkennen, dass proportional der grösseren Dicke der Chitinschicht die Gliederung sowohl des Körpers wie der Extremitäten deutlicher ausgeprägt ist. Die Beine bestehen aus sechs Gliedern, von denen das letzte als Klaue dient. Der Fortschritt in der inneren Anatomie ist noch viel auffälliger. Anstatt der beiden longitudinalen Nervenstränge ist ein typisches Strickleiternervensystem vorhanden, dessen einzelne Ganglienpaaren in Zahl und Lage noch den Körpersegmenten entsprechen. Segmentale Anordnung beherrscht auch die Vertheilung der Tracheen und den Bau des Herzens. Jedes Rumpfsegment — oder wie bei den Scolopendren wenigstens jedes zweite Segment — hat ein Paar Tracheenbüschel; nur die Kopfsegmente haben keine eigenen Stigmen und werden von dem angrenzenden Rumpf aus mit Luftröhren versorgt. Das Herz ersteckt sich durch den grössten Theil des Körpers und bildet in jedem Segment eine besondere Kammer mit zugehörigen Flügelmuskeln. Der Darm der Myriapoden besitzt kleine Leberschläuche

am Mitteldarm und zwei lange Vasa Malpighi am Enddarm. Die Augen sind stets Stemmata, die in grösserer Zahl am Kopf stehen und nur bei *Scutigera* zu einer Art Facettenauge näher zusammentreten.

Im Bau der Geschlechtsorgane unterscheiden sich die beiden Ordnungen der Myriapoden, die *Chilopoden* und *Diplopoden* ebenso in der Gestalt der Segmente, der Länge der Extremitäten und der Art der Ernährung.

I. Ordnung. Diplopoden oder Chilognathen.

Durch die grosse Zahl (oft 100) ihrer Segmente und Extremitäten rechtfertigen die Diplopoden noch am meisten den Namen der gesammten Classe (Fig. 402). Jedes Segment besteht aus einer Rücken- und einer Bauchschiene, die durch eine feine, das Tracheenstigma tragende Gelenkhaut verbunden sind. Gewöhnlich sind nun die äusserst festen Rückenschienen hoch gewölbt und so gebogen, dass sie fast allein schon zu einem Ring zusammenschliessen und nur wenig Raum für die kleinen, die Beine tragenden Bauchschienen übrig lassen. Dies hat zur Folge, dass der Körper der Thiere meist drehrund ist und dass die Mündungen der Tracheen ganz auf die Bauchseite rücken. In der Seitenlinie des Körpers vorhandene, auf den Rückenschienen angebrachte Punkte sind daher nicht die Stigmen, sondern die Mündungen von Vertheidigungsdrüsen (Foramina repugnatoria).

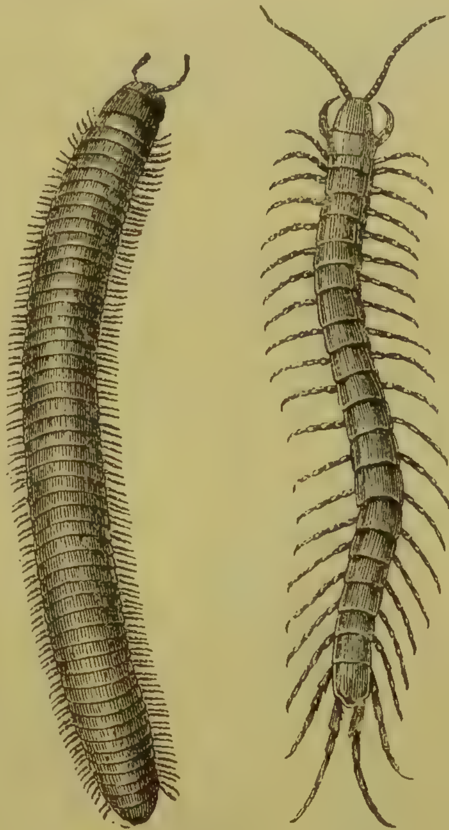


Fig. 402. Julus maximus. Fig. 403. Scolopendra morsitans.

(Beide Zeichnungen nach Schmarda.)

Ein noch auffallenderes Merkmal der Diplopoden ist die Doppelnatur ihrer Segmente, welche, durch Verschmelzung zweier Segmentanlagen entstanden, je zwei Herzkammern, zwei Paar Tracheenbüschel, zwei Paar Bauchganglien und vor Allem zwei Paar Extremitäten haben. Nur die 4—5 ersten Rumpfsegmente machen eine Ausnahme, indem sie höchstens ein Beinpaar tragen. Die Diplopoden fallen ausserdem noch durch die abnorme Kürze ihrer Antennen und Beine auf, welche letztere nur wenig unter dem Bauch seitlich hervorragen. — Da die Thiere von Pflanzenkost leben, sind ihre Kiefern (Fig. 405) sehr klein: am kräftigsten sind noch die mehrgliedrigen Mandibeln (*2*); die Maxillen (*3*) dagegen sind rudimentär und unter einander zum Gnathochilarium verwachsen. Man hat versucht, letzteres auf zwei Extremitätenpaare zu beziehen, welche den Maxillen und der Unterlippe (zweiter Maxille) der Insekten entsprächen; allein die Thatsachen der Entwicklungsgeschichte widersprechen dieser Auffassung.

Die Geschlechtsorgane sind paarige in einen Sack eingeschlossene Drüsen, welche weit rückwärts liegen und nach vorn zwei getrennt am 2. Segment mündende Ausführgänge entsenden. Dem Männchen dient das Beinpaar des 7. Segments zur Begattung. Die aus dem Ei ausschlüpfenden Thiere haben zunächst nur 3 Beinpaare wie die Insecten; auch auf dieses Merkmal hat man übertriebenen Werth gelegt, um eine Verwandtschaft mit den Insecten zu beweisen.

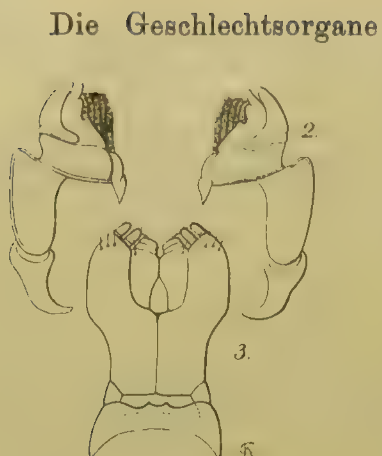


Fig. 404. Mundbewaffnung eines Julus (nach Latzel). 2 Mandibeln (J. molybdinus), 3 Gnathochilarium (verschmolzene Maxillen) (J. luridus).

1. *Juliden* mit langgestrecktem, drehrundem Körper. *Julus foetidus* Koch, bei uns einheimisch. *Julus maximus* Br. (Fig. 402), 12 cm lang, in den Tropen.

2. *Glomeriden* mit gedrungenem Körper, der wie bei den Kugelasseln ventral eingerollt werden kann. *Glomeris pustulata* Latr.

II. Ordnung. Chilopoden.

Die Chilopoden (Fig. 404) unterscheiden sich von den Diplopoden durch ihre einfachen, dorsoventral abgeplatteten Segmente und die auffallend langen Antennen und Beine. Da letztere ihnen einen raschen Lauf ermöglichen, überfallen sie als gefährliche Räuber andere, selbst an Grösse ihnen überlegene Thiere und tödten sie durch die Giftigkeit des Bisses. Zum Verwunden benutzen sie nicht die Kiefern, Mandibeln (Fig. 405, *2*) und das Gnathochilarium (*3*), welche an die gleichnamigen Theile der Diplopoden erinnern, sondern die zur Mundbewaffnung neu hinzugetretenen Kieferfüsse. Es giebt zwei Paar Kieferfüsse: der erste, welcher vielfach auch zweite Maxille heisst, da das zugehörige Segment mit dem Kopf verschmolzen ist, ist schwach und beinartig (*4*); der zweite stärkere (*5*) ist an der Basis angeschwollen und trägt eine scharfe Endklaue, an deren Spitze eine Giftdrüse mündet; er deckt den Kopf von unten wie mit einer Maske zu und ist die gefährliche Angriffswaffe.

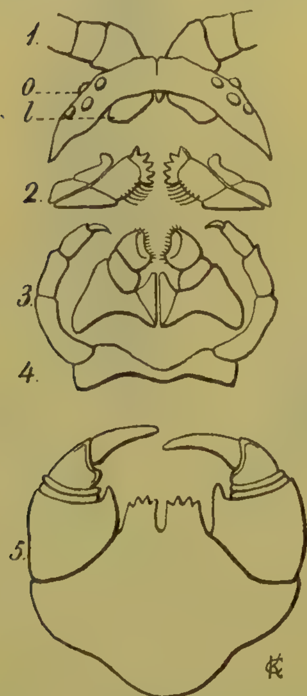


Fig. 405. Kopfgliedmaassen und Kieferfüsse von Scolopendra morsitans. *1* Antennen, *2* Mandibeln, *3* Maxillen (Gnathochilarium), *4* Erste Kieferfüsse (zweite Maxillen), *5* Zweite Kieferfüsse, *o* Ocellen, *l* Oberlippe.

Im Gegensatz zu den Diplopoden liegen die Geschlechtsorgane weit vorn, die unpaare Geschlechtsmündung im vorletzten Segment vor dem After.

1. Die *Geophiliden* sind kleinere, lichtbraune Thiere, welche in Europa sehr häufig sind, wie der im Dunkeln leuchtende *Geophilus electricus* L.

2. Die *Scolopendriden* gehören vornehmlich den Tropen an; die in Indien lebende 25 cm lange *Scolopendra gigantea* L.

wird selbst von den Menschen wegen ihrer Giftigkeit gefürchtet. *Sc. morsitans* Gerv. (Fig. 403) in Brasilien.

Von den Diplopoden und Chilopoden werden neuerdings als zwei weitere Ordnungen die *Symphylen* und *Pauropoden* abgetrennt, da sie wie jene keine Kieferfüsse, wie diese keine Doppelsegmente haben. Die Geschlechtsmündung liegt bei den Symphylen vorn, bei den Pauropoden hinten.

IV. Classe.

Insecten, Hexapoden.

Im Stamme der Arthropoden ist die Classe der Insecten bei weitem die umfangreichste, da sie mindestens zehnmal so viel bekannte Arten enthält, als Crustaceen, Arachnoideen und Myriapoden zusammen genommen. Die Zahl der jetzt schon beschriebenen Formen ist eine so enorme, dass man sie nicht einmal genau angeben kann; man schätzt sie auf ungefähr 250000, vermuthet aber, dass dabei vielfach dieselben Arten unter verschiedenen Namen aufgeführt werden. Da die an Insecten besonders reichen Tropen nur oberflächlich durchforscht sind, ist es sehr wohl denkbar, dass die Welt etwa von einer Million verschiedener Insectenarten bevölkert ist.

Mit der Artenzahl steht die merkwürdige Einförmigkeit der Organisation in auffallendem Contrast. Mit grosser Zähigkeit behalten die Insecten die Grundzüge ihres Baues, die Art der Körpergliederung und die Zahl der Extremitäten, unter den verschiedensten Lebensbedingungen bei, so dass der Unterschied zwischen den extremsten Formen bei den Insecten lange nicht so bedeutend ist wie bei den Arachnoideen und ganz ausserordentlich geringer als bei den Crustaceen. Wenn dadurch das vergleichend anatomische Interesse der Gruppe in mancher Hinsicht leidet, so verdienen die Insecten auf der anderen Seite besondere Beachtung durch ihre Lebensverhältnisse, durch die Art, wie sie nützlich und schädlich in die Existenzbedingungen des Menschen eingreifen, durch ihre Brutpflege und die mit ihr zusammenhängende auffallende Intelligenzentwicklung und Staatenbildung. Für die Descendenztheorie sind die Insecten durch ihre ganz vorzügliche Anpassung an ihre Umgebung von Wichtigkeit geworden. Die grosse Artenzahl ist nur möglich, wenn jedes Plätzchen im Naturhaushalt ausgenutzt wird, was wiederum voraussetzt, dass das Insect den Bedingungen desselben in möglichst vollkommener Weise entspricht.

Körpergliederung. Bei der systematischen Charakteristik ist besonders zu beachten: 1. die Gliederung des Körpers, 2. die Zahl und Verwendung der Extremitäten. Am Körper unterscheidet man 3 Regionen, die nicht selten durch besonders tiefe Einschnürungen von einander getrennt werden: Kopf (Caput), Brust (Thorax) und Hinterleib (Abdomen). Die Segmente des Hinterleibs sind variabel an Zahl je nach den Ordnungen oder sogar den Familien und schwanken zwischen 11 bei manchen Orthopteren und 5 bei manchen Fliegen; sie bestehen aus Rücken- und Bauchschienen, Terga und Scuta, die zum Zweck der Athmung längs der Seitenlinie in einer weichen, die Tracheenstigmen umschliessenden Verbindungshaut gegen einander verschiebbar sind. Die Brust und der Kopf dagegen verhalten sich bei allen Insecten in ihrer Segmentzahl gleich. Die Brust ist deutlich in 3 Ringe gegliedert: Pro-

thorax, Meso- und Metathorax, von denen ein jeder (Fig. 406) aus dreierlei unbeweglich verbundenen Theilen besteht, den paarigen Seitentheilen (*pl* Pleurae), dem unpaaren Rückentheil (Notum *t*) und dem unpaaren Brusttheil (Sternum *st*). Zur Abkürzung der Beschreibung hat man die Bezeichnungen Pronotum, Mesonotum, Metanotum etc. eingeführt.

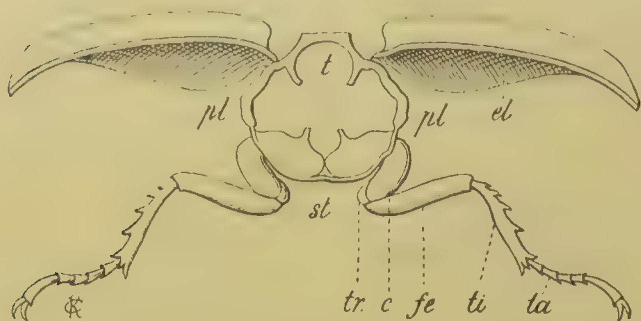


Fig. 406. Mesothorax eines Hirschkäfers mit Elytren und Beinen. *t* Notum, *pl* Pleuren, *st* Sternum, *el* Elytren, *c* Coxa, *tr* Trochanter, *fe* Femur, *ti* Tibia, *ta* Tarsus.

Der Kopf endlich ist eine einheitliche Chitinkapsel, an der man Regionen unterscheiden kann, die aber nicht auf Segmente beziehbar sind: nach vorn und dorsal Frons [Stirne] und Clipeus [Kopfschild], nach hinten und dorsal Occiput [Hinterhaupt], ventral Gula [Kehle], lateral die beiden Genae [Wangen]. Dass er trotzdem aus 4 verschmolzenen Segmenten besteht, lehrt einestheils die Entwicklungsgeschichte, da der Embryo noch 4 getrennte Kopfringe hat, anderntheils die Vierzahl der vom Kopf entspringenden Extremitäten.

Extremitäten.

Die Extremitäten (Fig. 406) sind auf Kopf und Brust beschränkt und im Ganzen zu 7 Paaren vorhanden. Die 3 Thoraxsegmente tragen 3 Beinpaare, weshalb die Insecten vielfach auch „Hexapoden" genannt werden. Die Beine sind am Uebergang des Sternum in die Pleurae befestigt und beginnen mit dem häufig kurzen, in eine Art Pfanne eingelenkten Hüftglied (Coxa *c*). Auf letzteres folgt ein zweites ebenfalls gewöhnlich kurzes Glied, der Schenkelring (Trochanter *tr*). Die nun kommenden 2 Stücke sind stets langgestreckt: das nächste, das dritte der Reihe ist stark verdickt, enthält hauptsächlich die Muskulatur und heisst Femur (*fe*): das vierte ist die schlanke, aber sehr feste Tibia (*ti*). Als fünften Abschnitt fasst man unter dem Namen Tarsus (*ta*) eine Reihe kleiner Glieder zusammen, von denen das letzte die beiden Klauen trägt; nach der Zahl der Tarsalglieder spricht man von einem 3-, 4-, 5-gliedrigen Tarsus.

Von den Kopfextremitäten ist die erste, die Antenne, den Beinen am ähnlichsten, nur dass sie normalerweise keine Klauen trägt: sie entspringt von der Stirne vor der Mundöffnung und wird gemäss ihrer dorsalen Lage vom oberen Schlundganglion innervirt. Die Zahl und Gestalt der Glieder wechselt nach den Ordnungen der Insecten. Je nachdem einzelne Glieder verlängert oder verkürzt, verdünnt oder verdickt, oder mit Anhängen versehen sind, je nachdem derartige Besonderheiten der Form an der Basis oder an der Spitze sich bemerkbar machen, unterscheidet man verschiedene Gestalten der Antennen, die systematisch sehr gut verwerthet werden können (gebrochene, geknöpfte, gekeulte, gezähnte, gekämmte Antennen etc.).

Mundgliedmaassen.

Viel interessanter ist die Morphologie der 3 Paar Mundgliedmaassen (Fig. 407–410), der Mandibeln (*md*), der ersten Maxillen (*mx*), die auch kurzweg Maxillen heissen, und der zweiten Maxillen, welche man gewöhnlich Unterlippe, Labium (*la*) nennt, da die zweiten Maxillen von links und rechts zu einem unpaaren Organ verwachsen.

Das Labium liegt hinter der Mundöffnung und bildet einen Abschluss nach rückwärts; es steht dabei dem ebenfalls unpaaren Labrum (*lr*) gegenüber, welches von oben sich über die Mundöffnung legt und wegen dieser Analogie mit der Unterlippe früher fälschlich ebenfalls für ein Extremitätenpaar gehalten wurde. Wie die Entwicklungsgeschichte lehrt, ist das Labrum eine von Anfang an unpaare Bildung, eine gewöhnliche Chitinfalte, welche nur vom angrenzenden Integument abgegliedert und dadurch beweglich gemacht worden ist.

Die verschiedene Art der Ernährung bedingt einen verschiedenen Charakter der Mundbewaffnung; man unterscheidet kauende, leckende, saugende und stechende Mundgliedmassen, die sich aber auf eine gemeinsame Grundform, die kauenden Mundgliedmassen, zurückführen lassen, welche ihrerseits modificirte Beine sind. Bei der Betrachtung der kauenden Mundtheile (Fig. 407) stellt man am zweckmässigsten die Maxillen voran, weil sie Anknüpfungspunkte sowohl an die Brustextremitäten als auch an die übrigen Kiefer bieten. Dieselben beginnen mit dem kurzen dreieckigen Angelglied, Cardo (*c*), auf welches das ansehnliche Haftglied, Stipes (*st*) folgt. Der Stipes trägt die Kauladen, Lobus internus (*li*) und L. externus (*le*) genannt, welche abgegliederte Fortsätze des Stipes sind. Bei den *Orthopteren* und *Käfern* ist nur die innere Lade (Lacinia) in spitze Kauzähne verlängert; die äussere Lade dient entweder als Galea zur Umscheidung der Lacinia (Fig. 407) oder kann bei Käfern zum Tasten verwandt werden und sich gliedern (Fig. 432). Am Stipes sitzt ferner der aus 3—4 gleichförmigen Gliedern bestehende Palpus maxillaris (*pm*), der am meisten beinähnlich gebliebene Theil der Extremität.

Die Unterlippe legt sich nach Art der Maxillen als ein Paar Höcker an, die jedoch frühzeitig in der Mittellinie zusammenrücken und hinter der Mundöffnung verwachsen. Man kann daher alle Theile der Maxille erkennen, nur muss man berücksichtigen, dass die Basalstücke von links und rechts mit einander verschmolzen sind. Die verschmolzenen Angelglieder bilden die unpaare Platte des Unterkinns, Submentum (*sm*), die verschmolzenen Haftglieder erzeugen das Kinn, Mentum (*m*), welches an seinem Ende noch getheilt sein kann, wenn die Verschmelzung (wie z. B. bei den *Orthopteren*) nicht in ganzer Länge durchgeführt ist. Am Mentum sitzen die linken und rechten Innenladen und Aussenladen, die Innenladen Glossae (*gl*), die Aussenladen Paraglossae (*pg*) genannt, und als Repräsentanten des peripheren Extremitätenstammes die Palpi labiales (*pl*).

Für die Mandibeln (*md*) der Insecten ist äusserst charakteristisch, dass nur das Basalglied zu einer kräftigen Beisszange wird, dass dagegen der periphere Abschnitt ganz schwindet, weshalb im Gegensatz zu den meisten Crustaceen kein Palpus mandibularis vorhanden ist.

Den kauenden Mundgliedmaassen stehen am nächsten, mit ihnen durch vielerlei Uebergänge verbunden, die leckenden Mundgliedmaassen der Bienen und Hummeln (Fig. 408). Oberlippe (*lr*) und Mandibeln (*md*) bleiben bei den Umformungen ganz ausgeschlossen, dagegen strecken sich Maxillen und Unterlippe sehr in die Länge und verbinden sich an der Basis zu einem federnden Apparat, der nach Bedürfniss unter dem Kopf eingeschlagen und compendiös verpackt, oder in die Länge gestreckt werden kann. Die Unterlippe beginnt mit einem kleinen herzförmigen Submentum (*sm*) und einem langgestreckten Mentum (*m*); daran reiht sich der functionell wichtigste Theil, die unpaare Zunge,

Glossa (*gl*), die den verschmolzenen Glossen der kauenden Insecten entspricht, zum Saugen von Honig dient und zu dem Zweck die Gestalt einer fast zur Röhre geschlossenen Halbrinne angenommen hat; neben ihr liegen noch Rudimente von Paraglossen (*pg*) und gut entwickelte Palpi labiales (*pl*). In entsprechender Weise sind bei den Maxillen die Cardines (*c*) klein und herzförmig, die Stipites (*st*) und Laden (*l*) langgestreckt, während die Taster (*pm*) rudimentär sind.

An die Mundgliedmaassen der Bienen lassen sich weiter anreihen die stechenden Mundgliedmaassen der *Dipteren* (Fig. 410) und *Rhynchoten*, *Fliegen* und *Wanzen*, insofern auch hier die Unterlippe Grundlage des Ganzen abgiebt. Der Rüssel (*la*) dieser Thiere (Rostrum,

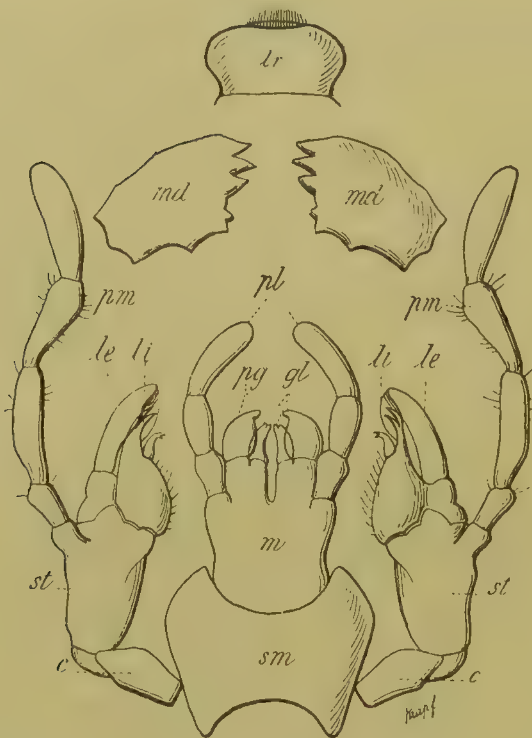


Fig. 407. Kauende Mundgliedmaassen der Schabe (Periplaneta orientalis).

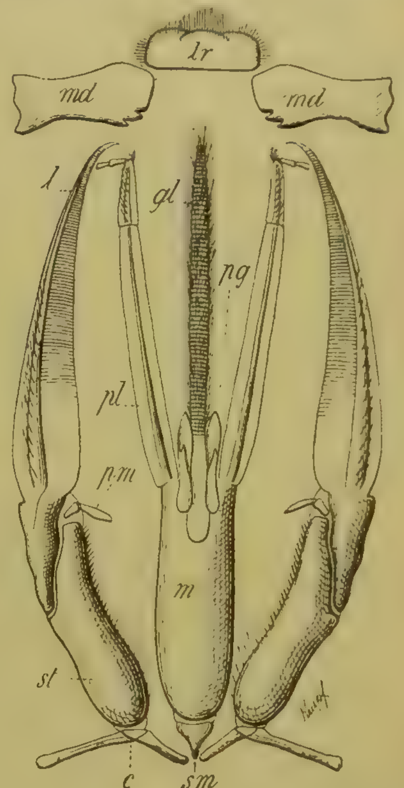


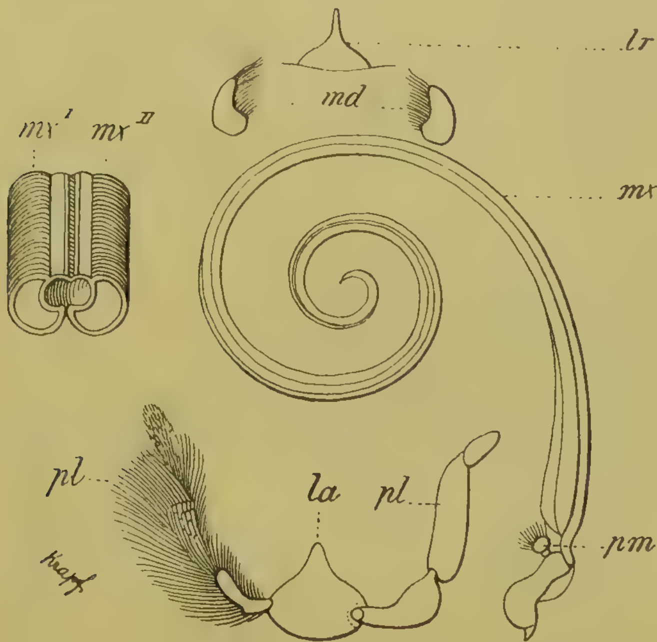
Fig. 408. Leckende Mundgliedmaassen der Hummel (Bombus terrestris).

Für die Figuren 407—410 gelten folgende Bezeichnungen: *lr* Oberlippe, *md* Mandibeln, *c* Cardo, *st* Stipes, *le* und *li* Lobus externus und internus, *pm* Palpus maxillaris der Maxille (*mx*); *sm* Submentum, *m* Mentum, *gl* Glossen. *pg* Paraglossen, *pl* (*p*) Palpus labialis der Unterlippe (*la*), *hy* Hypopharynx.

Proboscis oder Haustellum) entspricht der Unterlippe, vielleicht sogar mit Einschluss der Palpen; sie ist eine Rinne mit fleischigen, biegsamen oder mit festen und dann gegliederten Wandungen; die Rinnenränder sind zusammengebogen und einander genähert bis auf einen schmalen dorsalen Spalt, dessen Verschluss durch Einfügung der Oberlippe (*lr*) bewirkt wird. Im Innern des durch Ober- und Unterlippe gebildeten Rohres liegen 4 Stilets, welche an der Spitze gezähnt oder mit Widerhaken bewaffnet sind. Dieselben sind aus den Mandibeln und Maxillen hervorgegangen, zu denen noch der lang ausgezogene Hypopharynx (*hy*), ein Fortsatz an der Innenseite des Labiums, als fünftes Stilet kommen kann. Die nur bei den Dipteren vorhandenen Palpen (*p*) gehören wahrscheinlich zu den Maxillen, werden aber von manchen Forschern der

Unterlippe zugerechnet. Eine Verminderung der Zahl der Stilets auf 4 und 3 tritt ein, wenn Rückbildungen oder Verwachsungen zu Stande kommen.

Vom Rüssel der Fliegen und Wanzen ist sehr wohl der aus den Maxillen hervorgegangene Rüssel der Schmetterlinge (Fig. 409) zu unterscheiden. Derselbe ist eine lange Röhre, welche wie eine Uhrfeder spiralig gewunden unter dem Kopf getragen wird, und besteht aus 2 Halbrinnen mit fest aufeinander gefügten Rändern, den linken und rechten Maxillen, welche allein unter den Mundgliedmaassen gut entwickelt sind. Dagegen spielt die Unterlippe (*la*) eine ganz untergeordnete Rolle, keine wichtigere als die Oberlippe (*lr*): da die beiden Maxillen an der Basis auseinander weichen, füllen die beiden Lippen die Spalten aus, die Oberlippe von oben, die Unterlippe von unten mit einem dreieckigen Blatt. Von der Unterlippe sind nur die Palpi la-



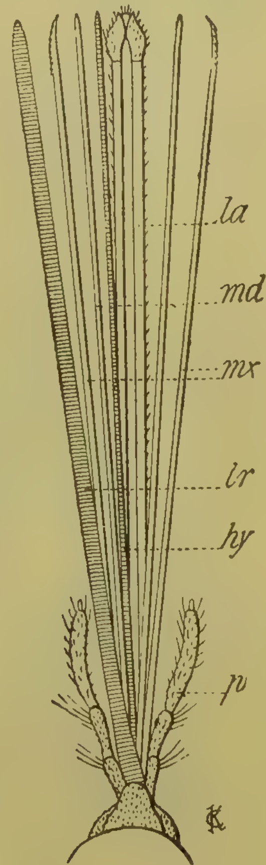


Fig. 409. Mundgliedmaassen eines Schmetterlings (nach Savigny). Anstatt der rechten Maxille ist ein Stück des Rüssels dargestellt, um zu zeigen, wie die linke (mx^{I}) und rechte Maxille (mx^{II}) sich zu einem Rohr vereinen.

Fig. 410. Mundgliedmaassen einer Mücke (Culex pipiens); die Rinne der Unterlippe durch Zurückklappen der Oberlippe geöffnet und die Stechborsten herausgenommen (nach Muhr).

biales (*pl*) gut entwickelt, welche an der Basis des Schmetterlingsrüssels stehen. Die Palpi maxillares (*pm*) liegen etwas höher als kleine Höcker, die bei den Motten zu gegliederten Anhängen auswachsen. Kaum erkennbare Höcker links und rechts vor dem Rüssel repräsentiren die Mandibeln (*md*). Alle diese Einrichtungen gewinnen an Interesse, wenn wir bedenken, dass bei den Raupen umgekehrt die Mandibeln kräftige Beisszangen sind, die Maxillen nur kleine Höcker darstellen und die Unterlippe nur in den mit den Spinndrüsen verbundenen Theilen besser ausgebildet ist: ein schöner Beweis, wie die Lebensweise des Thieres bestimmend auf den Bau der Theile einwirkt.

Im Gegensatz zu den beiden vorderen Körperabschnitten ist das Abdomen eines ausgebildeten Insects extremitätenlos. Nur bei manchen niederen Formen, den *Thysanuren*, sind hinter den Brustbeinen und in

gleicher Linie mit ihnen kleine Höcker vorhanden, die wohl als Reste von Abdominalfüssen angesehen werden dürfen. Zweifelhaft muss man sich äussern rücksichtlich der Anhänge der letzten Abdominalsegmente, welche als Springstangen, Schwanzborsten und Griffel etc. beschrieben werden. Afterfüsse oder Pedes spurii kommen bei den Raupen der Schmetterlinge und Blattwespen vor; da sie aber fleischige, ungegliederte Anhänge sind, muss es auch hier zweifelhaft sein, ob sie mit den typischen Bauchgliedmaassen der übrigen Arthropoden verglichen werden dürfen oder nicht selbstständig erworbene Gebilde sind.

Flügel. Ausser ventralen Extremitäten besitzen die Insecten noch 2 Paar dorsale Anhänge am Mesothorax und Metathorax, die Flügel; sie entstehen als seitliche Falten des Chitinüberzugs des Notum und enthalten in ihrem Innern Ausstülpungen der Leibeshöhle und Tracheenverästelungen, welche die netzförmige Zeichnung des Flügelgeäders hervorrufen (Fig. 429, 435). Beide Flügel können elastisch, nachgiebig und zum Flug geeignet sein; oder die Hinterflügel allein bewahren diese Eigenschaften der echten „Alae“; die Vorderflügel dagegen werden zu harten, pergamentartigen Deckflügeln oder *Elytren,* unter denen die eigentlichen Flugorgane geborgen werden (Fig. 406). Ist nur die Basis erhärtet, so spricht man von *Hemielytren.* Zwischen den Ursprungstellen der Vorderflügel findet sich häufig ein Chitinblatt, das Schildchen oder „Scutellum“; ein ähnliches Blättchen zwischen den Hinterflügeln heisst „Postscutellum“. Bei vielen Insecten fehlt ein Flügelpaar, gewöhnlich ist dann das vordere (Dipteren) (Fig. 442, 443), nur ausnahmsweise einmal das hintere Paar (Strepsipteren (Fig. 431) dasjenige, welches erhalten bleibt. Ein solcher partieller Mangel lässt sich nur durch Rückbildung erklären. Der gänzliche Mangel der Flügel dagegen kann eine doppelte Ursache haben: einerseits giebt es Insecten, welche wahrscheinlich niemals Flügel besessen haben (primärer Flügelmangel der Apterygoten); andererseits aber giebt es Formen, bei denen man eine Rückbildung früher vorhandener Flügel annehmen muss (secundärer Flügelmangel), weil entweder nahe verwandte Arten (Wanzen, Läuse, Blattläuse) Flügel besitzen, oder weil ein Theil der Individuen (Männchen der Schaben, Geschlechtsthiere der Ameisen und Termiten) noch geflügelt ist (Fig. 423, 439, 440).

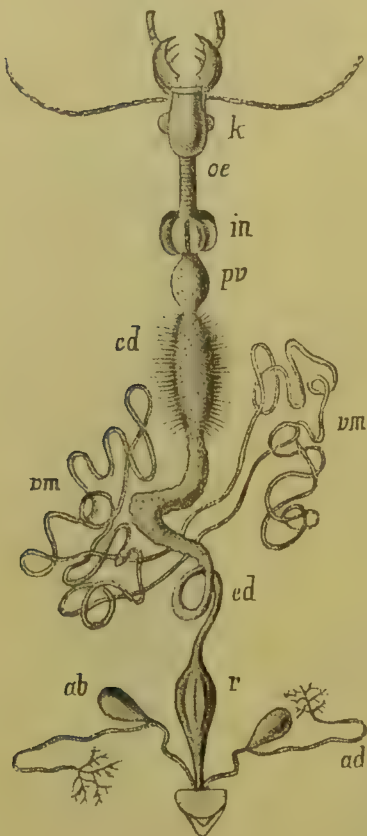


Fig. 411. Darm von Carabus auratus (aus Lang nach Dufour). *k* Kopf mit Mandibeln, Antennen und Augen, *oe* Oesophagus, *in* Ingluvies (Kropf). *pv* Proventriculus (Kaumagen), *cd* Chylusdarm mit Blindsäcken, *ed* Enddarm, *r* Rectum, *vm* Vasa Malpighi, *ad* Analdrüsen, *ab* Secretblasen.

Darm. In Folge der schon gelegentlich der Mundbewaffnung besprochenen verschiedenen Ernährungsweise der Insecten zeigt auch der Darm ein sehr mannigfaches Aussehen; bei Fleischfressern (Fig. 411) meist kurz, ist er bei Pflanzenfressern (Fig. 412) ein in viele Windungen gelegtes Rohr. Der Oesophagus gefrässiger Thiere erweitert sich zu einem

Kropf (*kr*) oder Ingluvies (*in*), dem meist ein musculöser Kaumagen (*km*) (Proventriculus pv) folgt; bei saugenden Insecten ist der Kropf (Saugmagen) eine mit einem feinen Canal in den Oesophagus mündende Blase. Kropf, Kau- und Saugmagen gehören dem ectodermalen Vorderdarm an, welcher eine ansehnliche Länge erreicht, während der nun folgende entodermale Mitteldarm (Magen *m*, oder Chylusdarm *cd*) sehr kurz und von gleichförmiger Beschaffenheit ist. Abermals sehr lang ist der ectodermale Enddarm (*ed*), in welchem eine Anschwellung (*r*) durch drüsige Beschaffenheit des Epithels (Rectaldrüsen) ausgezeichnet ist. Die Grenze von Mittel- und Enddarm ist gewöhnlich nur durch die Einmündung von 2—3 Paar oder einem Büschel zahlreicher Vasa Malpighi (*vm*) bezeichnet, welche dem Enddarm angehören, ectodermaler Abstammung sind und die Function von Nieren besitzen. Mit drüsigen, zur Verdauung dienenden Anhängen ist dagegen der Insectendarm schlecht versehen; constant sind nur die in die Mundhöhle mündenden Speicheldrüsen (*sp*); hie und da finden sich noch Blindschläuche am Chylusdarm, welche die Leber ersetzen (*ap*). Sehr verbreitet sind Analdrüsen (*ab*), welche am After münden und übelriechende, zur Vertheidigung dienende Secrete liefern.

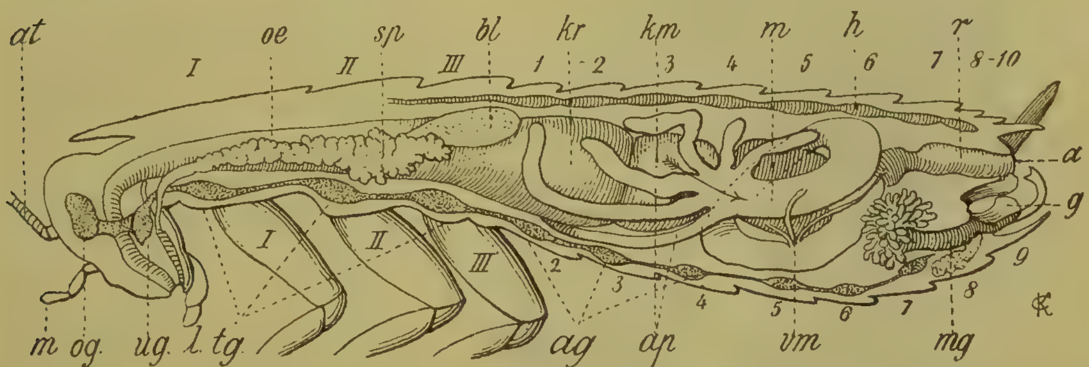


Fig. 412. Eingeweide einer männlichen Küchenschabe (Periplaneta orientalis) durch seitliche Oeffnung der Leibeshöhle präparirt (unter Zugrundelegung einer Zeichnung von Huxley). *I—III* Thoraxsegmente, *1—10* Abdominalsegmente, *at* Antenne, *m* Palpus maxillaris, *l* P. labialis, *I—III* Beine, *og* oberes, *ug* unteres Schlundganglion, *tg* Brustganglien, *ag* Bauchganglien, *oe* Oesophagus, *sp* Speicheldrüse mit Speichelblase (*bl*), *kr* Kropf, *km* Kaumagen, *m* Magen (der Pfeil deutet die Verbindung von *km* und *m* an), *ap* Magenblindschläuche, *h* Herz, *r* Rectum, *a* After, *g* Geschlechtsöffnung, *vm* Vasa Malpighi, *mg* männliche Geschlechtsorgane.

Nervensystem. Sinnesorgane.

Was das Nervensystem (Fig. 356) anlangt, so ist das Bauchmark, namentlich bei primitiven Formen (Fig. 412) (wie den *Apterygoten*, *Archipteren*, *Orthopteren*) sowie bei fast allen Larven (Fig. 56) langgestreckt und aus zahlreichen, einzelnen Ganglienpaaren zusammengesetzt; bei *Käfern*, *Schmetterlingen*, *Bienen* und *Fliegen* dagegen verkürzt sich der Strang und verschmelzen die Ganglien theilweise unter einander. Das Hirn (oberes Schlundganglienpaar) entwickelt sich proportional der Intelligenz und zeigt namentlich bei den Staaten bildenden Formen einen sehr complicirten Bau. Es ist jederseits mit einem grossen Ganglion opticum verbunden, dessen Umfang wiederum in Correlation zu den Augen steht. Die Insecten sind die einzigen Tracheaten, welche fast ausnahmslos als geschlechtsreife Thiere 1 Paar vorzüglich ausgebildeter Facettenaugen tragen, die nicht selten den grössten Theil der Oberfläche des Kopfes für sich beanspruchen. Neben ihnen können noch kleine und einfach beschaffene Ocellen bestehen; sie können aber auch

fehlen. In den Larvenstadien ist es umgekehrt, indem hier die Ocellen vorherrschen und die Facettenaugen meist noch nicht vorhanden sind. Von anderweitigen Sinnesorganen kennt man mit Sicherheit nur noch die *Tasthaare* der Haut; man deutet ferner mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit gewisse Nervenendigungen an den Fühlern als *Geruchsorgane* und solche in der Mundhöhle als *Geschmacksorgane*, da unzweifelhaft viele Insekten einen ausgezeichneten Geruchs- und Geschmackssinn haben. Auf Gehörorgane kann man zur Zeit mit grösserer Wahrscheinlichkeit nur die *tympanalen Organe* der Heuschrecken beziehen, dünne trommelfellartige Partien im Chitin, welche in einen festen Chitinring eingespannt sind und eine Tracheenblase auf der Innenseite besitzen; an die Tracheenblase tritt ein Nerv heran, um hier an einer Crista acustica zu enden. Auf die Anwesenheit von Gehörorganen weist die bei Insecten weit verbreitete und vielfach hoch entwickelte Fähigkeit, Töne zu erzeugen. Die hier in Betracht kommenden Einrichtungen sind sehr mannichfacher Natur. Reibegeräusche werden erzeugt durch Anstreichen der Flügel und Beine entweder gegen einander oder gegen Reibleisten des Körpers; zum Summen und Brummen dienen die Schwingungen der Flügel und die durch die Tracheenstigmen aus- und einstreichende Athemluft. Die Stigmen sind zu diesem Zweck mit schwingenden Membranen ausgestattet, die auch zum Tracheenverschluss dienen können.

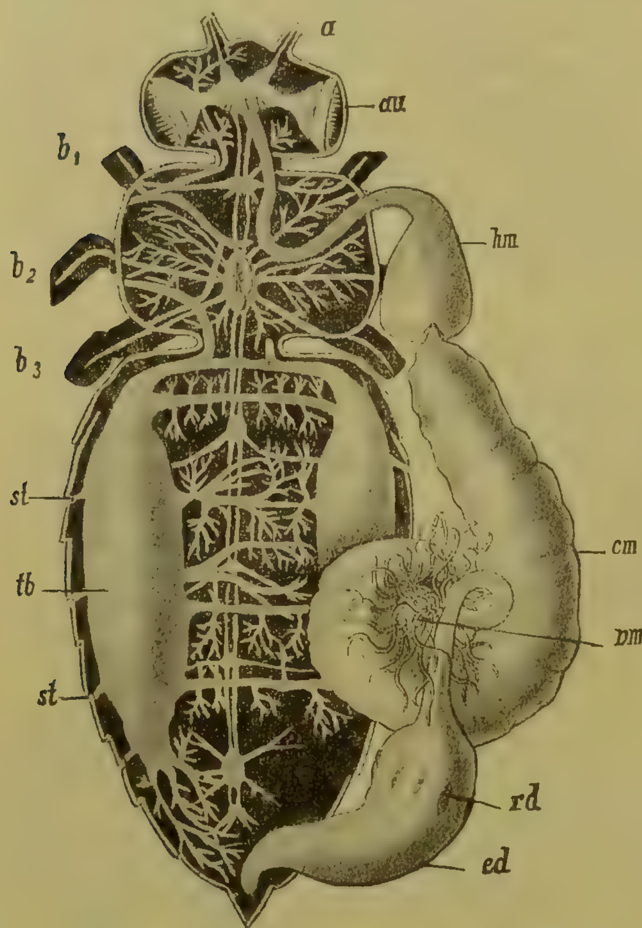


Fig. 413. Anatomie der Honigbiene (aus Lang nach Leuckart); *au* Facettenauge, *a* Antenne, b^1—b^3 Beine, *tb* Tracheenblasen mit ihren Hauptverästelungen, *st* Stigmen, *hm* Honigmagen, *cm* Chylusmagen, *vm* Vasa Malpighi, *rd* Rectaldrüsen, *ed* Enddarm; ausserdem ist in der Zeichnung das Nervensystem zu sehen.

Tracheen. Die von den Stigmen ausgehenden Tracheen (Fig. 413, 399) sind meist durch Längsstämme verbunden, von denen feinere Verästelungen ihren Ursprung nehmen, um alle Organe zu umspinnen und mittelst zarter, silberglänzender Fäden untereinander zu vereinigen. Dieser einheitliche Charakter des Tracheensystems bringt es mit sich, dass die Stigmen in vielen Körpersegmenten rückgebildet werden. Am constantesten finden sich die Stigmen am Abdomen in der Uebergangshaut der Scuta und Terga; am Thorax sind höchstens 2, am Kopf gar keine Stigmen vorhanden. Bei gut fliegenden Insecten sind manche Tracheenstämme zu grossen Luftreservoirs, den Tracheenblasen, ausgedehnt, deren Zweck wohl darin zu suchen ist, dass sie durch die in

ihnen enthaltene Reserveluft den Thieren während des Fluges die anstrengenden Athembewegungen ersparen.

Eine interessante Anpassung des Tracheensystems an den Wasseraufenthalt findet sich bei den Larven der Libellen und Eintagsfliegen (Fig. 414). Die Stigmen sind hier geschlossen: die Sauerstoffaufnahme erfolgt durch die sogen. Tracheenkiemen, büschelförmige oder blattartige, von Tracheenverästelungen reichlich durchsetzte Anhänge der Körperoberfläche oder des Enddarms. Im Tracheensystem ist in diesen Fällen eine Sonderung eingetreten in einen aus dem Wasser Sauerstoff aufnehmenden und ebendahin Kohlensäure abgebenden Abschnitt (Tracheengeäder der Kiemen) und einen an die Gewebe und Organe herantretenden Abschnitt, welcher umgekehrt Kohlensäure gegen Sauerstoff eintauscht. — Da die Tracheen mit ihren feinen Verzweigungen die Gewebe direct mit Sauerstoff versorgen, ist das Blutgefässsystem rudimentär. Das gewöhnlich aus 8—9 Kammern bestehende, dicht unter den Rückenschienen des Abdomen gelegene Herz giebt das Blut durch eine kurze Aorta an die Leibeshöhle ab; von da gelangt es durch linke und rechte Ostien in die Herzkammern zurück. Für die Rückleitung des Blutes spielen die dreieckigen Flügelmuskeln, die von links und rechts an die Herzkammern herantreten, eine wichtige Rolle.

Herz.

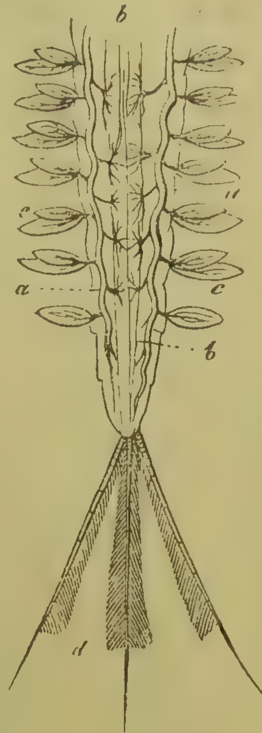


Fig. 414. Hinterleib der Larve von Ephemera vulgata mit Tracheenkiemen (*c*), *a* Tracheenlängsstämme, *b* Darm, *d* Schwanzborsten (aus Gegenbaur).

Geschlechtsorgane.

Die Insecten sind getrennt geschlechtlich; Männchen und Weibchen können schon an der Gestalt der Antennen, an Form und Farbe der Flügel, an der Genitalbewaffnung etc. unterschieden werden.



Fig. 415.



Fig. 416.

Fig. 415. Männlicher Geschlechtsapparat von Melolontha vulgaris. *t* Hoden, *vd* Vas deferens, *vs* Vesicula seminalis, *gl* Anhangsdrüsen (aus Gegenbaur.)

Fig. 416. Weiblicher Geschlechtsapparat von Hydrobius fuscipes. *o* Eiröhren, *ov* Oviduct mit Drüsenanhängen, *gl* schlauchförmige Drüsen, *rs* Receptaculum seminis mit Anhangsdrüse, *v* Vagina, *bc* Bursa copulatrix (aus Gegenbaur nach Stein).

Die Genitalbewaffnung besteht aus Chitinstücken, welche beim Weibchen als Legebohrer zur Eiablage benutzt werden; dieselben sind mit wenigen

Ausnahmen (Legebohrer der Hymenopteren und Orthopteren) in den Anfang der Geschlechtswege zurückgezogen und treten nur während des Gebrauchs hervor. Die Geschlechtsmündung ist unpaar und liegt hinter dem letzten Bauchganglion dicht vor dem After: die Geschlechtsdrüsen dagegen sind paarig. Das Männchen (Fig. 415) hat 2 einzelne oder 2 Gruppen ovaler Hoden (*t*), 2 Vasa deferentia (*va*), die zu Samenblasen (*vs*) angeschwollen sein können und sich zum unpaaren Ductus ejaculatorius vereinen, dazu ausserdem stark entwickelte Anhangsdrüsen (*gl*). Beim Weibchen (Fig. 416) besteht das Ovar auf jeder Seite aus zahlreichen Röhren (*o*), die die reifenden Eier in einen linken und rechten Oviduct (*ov*) entleeren. Aus den beiderseitigen Oviducten bildet sich die Scheide (*v*), neben welcher eine besondere Begattungstasche (*bc*) liegen kann. Accessorische Drüsen (*gl*) sind auch hier vorhanden, ausserdem noch das bei der Begattung mit Sperma sich füllende, für die Biologie der Insecten sehr wichtige Receptaculum seminis (*rs*). Viele Insectenweibchen werden im Laufe ihres Lebens nur einmal begattet; den Inhalt ihres Receptaculum seminis benutzen sie, um die Eier, welche bei der Ablage an der Mündung des Receptaculum vorbeigleiten, mit Samen zu versorgen. Da das Ei schon in den Eiröhren mit einer festen Hülle, dem Chorion, umgeben worden ist, muss letzteres, um den Durchtritt der Spermatozoen zu gestatten, mit dem Micropylapparat versehen sein, feinen Canälchen, welche die Dicke des Chorion durchbohren. Je nachdem die Micropyle Spermatozoen enthält oder nicht, lässt sich feststellen, ob ein abgelegtes Ei befruchtet wurde oder unbefruchtet geblieben ist.



Fig. 417. Larve einer Gallmücke (Cecidomyia) mit pädogenetisch erzeugten Tochterlarven (aus Hatscheck nach Pagenstecher).

Parthenogenese. Paedogenese.

Unbefruchtete Eier besitzen bei den Insecten häufig die Fähigkeit, sich auf parthenogenetischem Wege in normaler Weise fortzuentwickeln. Blattläuse und Rindenläuse pflanzen sich viele Generationen hindurch parthenogenetisch fort; auch bei Schmetterlingen und Netzflüglern ist Parthenogenesis weit verbreitet. Am interessantesten ist ihr Auftreten bei den Bienen, da hier das Geschlecht der Thiere vom Eintreten oder Ausbleiben der Befruchtung bestimmt wird (vergl. Seite 407). — Viel seltener als die gewöhnliche Parthenogenesis ist die besondere Form derselben, die *Pädogenesis*; man kennt sie nur von gewissen Dipteren, wie z. B. von der Gattung Miastor. In den weiblichen Miastorlarven (Fig. 417) entwickeln sich die Eier noch vor Anlage der Ausführwege, so dass die junge Brut nur durch Platzen der Mutter frei werden kann; nachdem mehrere pädogenetische Generationen sich wiederholt haben, kommen die zuletzt gebildeten Larven zur Verpuppung und liefern ausgebildete männliche und weibliche Mücken.

Embryonal-Entwicklung.

Aus obigen Erörterungen kann man entnehmen, dass die Insecten — eine Ausnahme macht nur die kleine Gruppe der Pupiparen und einige wenige Arten — ovipar sind und dass die Embryonalentwicklung erst nach der Eiablage beginnt. Während derselben kommt es zur Bildung von 2 Embryonalanhängen, des Dottersacks und des Amnion. Ersterer ist im Gegensatz zu der gleichnamigen Bildung der Wirbelthiere, welche der Bauchseite angehört, rückenständig;

letzteres dagegen ist bauchständig; es ist eine dünne Zellenschicht, welche den Embryo ventral bedeckt und ähnlich dem Wirbelthieramnion entsteht, indem das Blastoderm links und rechts, vorn und hinten von der Embryonalanlage oder dem Keimstreif Falten bildet, welche unter einander zu einer Hülle verwachsen.

Metamorphose.

Mit dem Sprengen des Amnion und der Eischale beginnt die postembryonale Entwicklung, die in den einzelnen Ordnungen so verschieden ist, dass man ametabole, hemimetabole und holometabole Insecten, d. h. Insecten mit directer Entwicklung ohne Metamorphose, solche mit unvollkommener Metamorphose (M. incompleta) und solche mit vollkommener Metamorphose (M. completa) unterscheidet. Bei der directen Entwicklung ist das junge ausschlüpfende Insect dem geschlechtsreifen Thier im Wesentlichen gleich, sodass es nur noch unter periodischen Häutungen zu wachsen und seine Geschlechtsorgane zur Reife zu bringen nöthig hat. Da kein Insect beim Verlassen des Eies Flügel hat, ist eine solche Entwicklungsweise nur bei den flügellosen Formen möglich, z. B. den *Apterygoten* und den *Apteren*.

Alle geflügelten und manche ungeflügelten Insecten besitzen dagegen eine mehr oder minder ausgesprochene Metamorphose, deren Ursache in letzter Instanz in der Nothwendigkeit, Flügel zu entwickeln, zu suchen ist. Denn auch die metabolen, ungeflügelten Insecten (z. B. die Flöhe) stammen unzweifelhaft von geflügelten Formen ab und haben die Metamorphose von ihnen als eine fest eingewurzelte und daher auch nach dem Flügelverlust fortbestehende Entwicklungsweise ererbt.

Bei der Metamorphosis incompleta wird der Unterschied zwischen dem frisch ausgeschlüpften Thier, der Larve, und dem geschlechtsreifen Insect, der Imago, allmählig ausgeglichen, (Fig. 418). Oft treten schon bei der ersten Häutung die Flügelanlagen als kleine Falten im Chitinkleid des Meso- und Metathorax auf; sie wachsen mit jeder Häutung, bis sie mit der letzten die Grösse, Form und Beweglichkeit der functionsfähigen Flügel gewinnen. Man nennt diese Anlagen Flügelscheiden (B 1 u. 2), weil ihr Chitinüberzug eine Hülle bildet, in welcher zusammengedrängt und gefaltet die Flügelanlage des nächsten Stadiums und bei der letzten Häutung der definitive Flügel eingeschlossen liegt. Da die Larven durch den Mangel von Flugorganen unter andere Lebensbedingungen versetzt werden, als die fliegenden Insekten, unter Lebensbedingungen, welche vielfach besondere Einrichtungen im Bau verlangen, so kann schon bei der hemimetabolen Entwicklung der Unterschied zwischen Larve und Imago durch Ausbildung specifischer Larvenorgane gesteigert werden, wie die Libellen und Eintagsfliegen lehren, deren im Wasser wohnende Larven von der Imago nicht nur durch den Flügelmangel unterschieden sind, sondern auch durch abweichende Gestalt, vor Allem aber durch die Anwesenheit

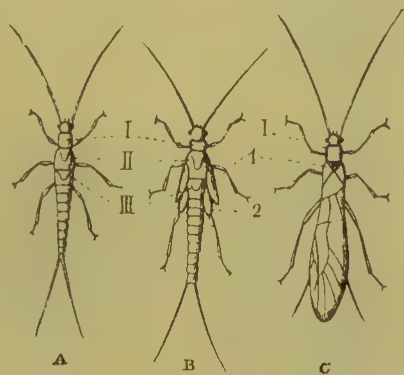


Fig. 418. Unvollkommene Metamorphose von Perla nigra (aus Huxley). *A* Flügellose Larve, *B* Larve mit Flügelscheiden (*1* u. *2*), *C* ausgebildetes Thier, I—III Thoraxsegmente.

der bei der letzten Häutung meist wieder schwindenden Tracheenkiemen (Fig. 414).

Steigerung der Unterschiede in den Lebensbedingungen und damit Hand in Hand gehende Vermehrung der Larvencharaktere führen zu der vollkommenen Metamorphose (holometabolen Entwicklung). Um die Vortheile ihrer besonderen Anpassung an die Umgebung zu geniessen, behalten die Larven möglichst lange ihre specifische Gestalt bei; die allmählige Annäherung an die Imago unterbleibt und die zur Metamorphose nöthigen Veränderungen der Gestalt und des Baues werden in das Endstadium des Larvenlebens, in den Zeitraum zwischen den beiden letzten Häutungen, zurückgedrängt. In diesem Zeitraum vollzieht sich eine so energische Umformung des Organismus, dass die Fortführung der gewöhnlichen Lebensverrichtungen, namentlich der Fortbewegung und Ernährung, behindert oder unmöglich gemacht wird. Das letzte Stadium des Larvenlebens wird somit zu einem Stadium der Ruhe, zum Puppenstadium, auf dessen Existenz daher bei der Definition der vollkommenen Metamorphose das Hauptgewicht gelegt werden muss. Je vollkommener der Zustand der Ruhe ist, um so ausgesprochener ist auch der Charakter der holometabolen Entwicklung. Von diesem Gesichtspunkt aus unterscheidet man nun verschiedene Formen der Puppen: P. liberae, P. obtectae und P. coarctatae. Bei den freien Puppen (P. liberae) (Fig. 419) erheben sich die Extremitäten weit über die Körperoberfläche, so dass man nicht nur die Körpergliederung, sondern auch die Antennen (*at*), Beine (*p'—p'''*), Flügel (*a'*, *a''*), vielfach auch die Mundwerkzeuge der Imago deutlich erkennen kann. Solche freie Puppen können sich häufig sehr lebhaft bewegen — namentlch bei den *Neuropteren* und vielen *Dipteren* — und geschickt im Wasser schwimmen. — Die gedeckten Puppen (P. obtectae) haben im Moment der Verpuppung noch frei hervortretende Extremitäten, welche aber beim Erhärten der Chitinhaut dem Körper dicht angepresst werden, so dass man nur bei ge-

Puppe.



Fig. 419. Larve (Engerling) und Puppe (in ventraler und seitlicher Ansicht) vom Maikäfer; *o* Augen, *at* Antennen, *p'—p'''* Beine, *a' a''* Vorder- und Hinterflügel, *st* Stigmen, *an* After.

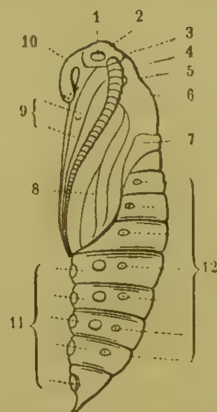


Fig. 420. Puppe von Sphinx ligustri (nach Leunis-Ludwig). 1 Auge, 2 Kopf, 3 Fühler, 4—6 Thoraxsegmente, 7 hintere, 8 vordere Flügel, 9 Beine, 10 Rüssel, 11 Abdominalsegmente, 12 Stigmen.

nauem Zuschauen Reste ihrer Conturen (Fig. 420), manchmal selbst diese nicht mehr, wahrnehmen kann. Die Bewegungen beschränken sich auf Zuckungen des ganzen Körpers, wie man sie z. B. bei der Schmetterlingspuppe durch äussere Reize bewirken kann. Völlig unbeweglich endlich erscheinen die Tönnchenpuppen (P. coarctatae), weil hier die

Puppe (ihrem Bau nach eine P. libera) noch von einer weiteren Hülle, der letzten Larvenhaut, umschlossen wird.

Larve.

Noch grösser als bei den Puppen ist die Mannichfaltigkeit der Gestalt bei den früheren Larvenstadien. Hier steht Bau und Körpergliederung so vollkommen unter dem Einfluss der Existenzbedingungen, dass je nach der Gleichartigkeit oder Verschiedenartigkeit derselben systematisch fernstehende Insecten ähnliche, verwandte Arten dagegen sehr verschieden gestaltete Larven haben können. Die Blätter nagenden Larven der Schmetterlinge und Blattwespen sind lebhaft gefärbte Raupen (Fig. 421), d. h. Larven, deren Brustextremitäten klein bleiben und durch Bauchextremitäten, die fleischigen Pedes spurii (*p. s.*) und Nachschieber unterstützt werden. Die vom Raub lebenden Larven vieler Käfer und Netzflügler haben lange Brustbeine und kräftige Mandibeln, dagegen keine Afterfüsse. Andere Käferlarven, welche im Holz bohren oder in der Erde leben (Fig. 419), haben einen plumpen, weisslichen Körper mit rudimentären oder gänzlich fehlenden Beinen; sie leiten über zu den madenartigen Larven, bei denen auch die Mundgliedmaassen undeutlich werden und selbst der Unterschied von Kopf und Thorax schwinden kann. Solche weisse, weichhäutige, geringelte Säcke finden sich bei Bienen (Fig. 56) und anderen *Hymenopteren*, bei einem Theil der *Dipteren* (Fig. 422), d. h. bei Thieren, deren Larven in einem Ueberfluss von Nahrung leben, weil sie entweder Parasiten sind, oder durch die Brutpflege der Mutter mit genügender Nahrung versehen werden.

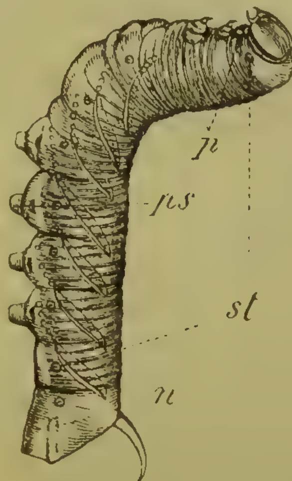


Fig. 421. Raupe von Sphinx ligustri, *p* Brustfüsse, *ps* Pedes spurii, *n* Nachschieber, *st* Stigmen (aus Leunis-Ludwig).


Fig. 422. Larven von Musca vomitoria (nach Leuckart).

Bei einer äusserlichen Betrachtung der holometabolen Entwicklungsstadien gewinnt man den Eindruck, als ob alle die besprochenen Larvenformen das Gemeinsame hätten, dass nicht nur die Flügel, sondern auch die Gliedmaassen der Imago gänzlich fehlen oder dass letztere wenigstens eine völlig andere Gestalt besitzen, als ob ferner die Flügel und vielfach auch die Fühler, Beine und Kiefer erst im Moment der Verpuppung auftreten, dann aber gleich in einer auffallenden Grösse und Vollkommenheit. Eine genauere Untersuchung lehrt jedoch, dass die Anlagen zu allen diesen Theilen (den Flügeln, Mundwerkzeugen etc.) schon lange vor der Verpuppung, vielfach schon bei der ersten Häutung gebildet werden. Die Flügel eines Schmetterlings sind schon in der Raupe vorhanden als kleine, mit jeder Häutung wachsende Höcker oder Falten der Oberfläche, welche nur deswegen äusserlich nicht wahrgenommen werden, weil sie durch Einstülpung in die Tiefe verlagert und in ein auf der Haut mündendes Säckchen eingeschlossen sind. Solche Anlagen nennt man „Imaginalscheiben“; durch ihren Nachweis wird der Unterschied zwischen vollkommener und unvollkommener Verwandlung einigermaassen verwischt,

indem auch bei ersterer der Bau der Imago, wenn auch in verborgener Weise, von langer Hand vorbereitet wird. Trotz alledem bleibt für das Insect während der Puppenruhe noch ausserordentlich viel umzugestalten; die Muskeln müssen den neuen Fortbewegungsorganen, der Darm der neuen Ernährungsweise angepasst, die Körpereintheilung und das Nervensystem vielfach umgegliedert werden. Da demgemäss ein grosser Theil der bisherigen Organisation eingeschmolzen wird, damit das so gewonnene Material zum Neuaufbau der Organe verwandt werden kann, erklärt sich die breiweiche Beschaffenheit des Puppeninhalts; letzterer kann bei rapidem Verlauf der Umschmelzung zu einem so gleichförmigen Material undeutlich abgegrenzter Zellen werden, dass man eine Zeit lang fälschlich annahm, die Puppe sei auf den indifferenten Zustand des Eies zurückgekehrt. (Histolyse der Fliegen.)

Bei der Systematik der Insecten verlangen 4 Momente besondere Berücksichtigung: 1. die Körpergliederung, bei welcher zu beachten ist, ob die Thorax- und Abdominalsegmente gleichförmig aufeinander folgen, oder ob sich namentlich der Thorax vermöge engerer Vereinigung seiner 3 Ringe vom Kopf und Abdomen scharf abgegliedert hat; 2. die Beschaffenheit der Flügel, welche bei niederen Formen fehlen oder zarte, mit reichlichem Flügelgeäder versehene, an beiden Thoraxsegmenten gleichförmige Chitinblätter sind, während für höhere Formen theilweise Rückbildung des Flügelgeäders oder lederartige Erhärtung des Chitins, divergente Entwicklung oder partielle Rückbildung der Vorder- und Hinterflügel charakteristisch ist; 3. Bau der Mundwerkzeuge und 4. Art der Entwicklung, 2 Momente, über welche schon oben das Nähere gesagt wurde. Unter gleichmässiger Berücksichtigung der genannten Verhältnisse fällt es leicht, 6 scharf umschriebene, auch dem Laien ohne Weiteres verständliche Ordnungen herauszuheben: 1. *Lepidopteren*, 2. *Dipteren*, 3. *Aphanipteren*, 4. *Rhynchoten*, 5. *Hymenopteren*, 6. *Coleopteren*. Der verbleibende Rest wurde früher auf die beiden Ordnungen der *Orthopteren* und *Neuropteren* vertheilt; jetzt hält man diese Gruppen für wenig natürlich und hat versucht, sie in mehr oder minder zahlreiche Gruppen aufzulösen. Hier soll diesen Bestrebungen insofern Rechnung getragen werden, als von den Neuropteren die *Pseudoneuropteren* oder *Archipteren*, von den Orthopteren die ungeflügelten Formen, die *Apterygoten*, getrennt werden.

I. Ordnung. Apterygoten (Apterogenea), Urinsecten.

An die Spitze der Insecten müssen wir Formen stellen, welche keine Flügel besitzen, dei denen sich ferner keine Hinweise auffinden lassen, dass je Flügel bestanden hätten. Man hält sie daher für Abkömmlinge von Urformen der Classe, bei denen es noch nicht wie bei den übrigen Tracheaten zur Flügelbildung gekommen war. Man hat hierzu um so mehr Ursache, als die Thiere auch sonst einen sehr primitiven Charakter zeigen: die Facettenaugen fehlen oder sind unvollkommen entwickelt; das Tracheensystem besteht meist aus isolirten, selten durch Längscanäle verbundenen Büscheln; die Mundgliedmaassen sind kauende, ähnlich denen der Orthopteren, wenn sie nicht rückgebildet sind; die Entwicklung ist stets ametabol. Manche Arten (*Campodea*) erinnern noch durch die Gleichförmigkeit ihrer Gliederung und das Auftreten rudimentärer Bauchgliedmaassen an die Myriapoden.

I. Unterordnung. *Thysanuren.* Körper langgestreckt, mit langen Borsten am hinteren Ende versehen. *Campodea staphylinus* Westw. mit Resten abdominaler Gliedmassen (Fig. 351); *Lepisma saccharina* L., Zuckergast, auch Silberfischchen genannt wegen seines silberglänzenden Schuppenkleides.

II. Unterordnung. *Collembolen.* Körper gedrungen, mit langen Borsten, die als Springstangen benutzt werden, indem sie bauchwärts eingeschlagen den 1—3 mm langen Körper vorwärts schleudern. Auf dem Wasser lebt *Podura aquatica* L., auf dem Schnee und Eis die *Degeeria nivalis* L. (Schneefloh) und *Desoria glacialis* Nic. (Gletscherfloh).

II. Ordnung. Archipteren oder Pseudoneuropteren. Urflügler.

Die *Archipteren* zeigen uns den Urtypus beflügelter Insecten. Ihr langgestreckter Körper besteht aus zahlreichen Segmenten und trägt meist noch die Schwanzborsten der Thysanuren. Die Flügel sind zarthäutig, glasartig, durchsichtig, von einem dichten Flügelgeäder gestützt und vollkommen gleich oder nahezu gleich an Mittel- und Hinterbrust entwickelt. Die Kiefer sind rechte Typen beissender Mundgliedmaassen: an den Maxillen und der Unterlippe sind Innen- und Aussenlade (letztere an der Maxille als Galea) gut entwickelt; an der Unterlippe weist ein tiefer Einschnitt im Mentum auf die Verwachsung aus zwei Theilen (Stipites der zweiten Maxillen). Dem ursprünglichen Bau entspricht auch die ursprüngliche Art der Entwicklung, welche meist eine hemimetabole ist. Der Unterschied der Larve von der Imago beschränkt sich auf den Mangel der Flügel, wozu sich noch die Anwesenheit wenig auffallender Larvenorgane (Kiemen der Amphibiotica) gesellen kann. Oefters wird die Entwicklung eine directe, wenn nämlich die Imagines, wie das bei einem Theil der Termiten zutrifft, flügellos sind.

Die *Archipteren* wurden früher wegen der Aehnlichkeit ihrer Flügel zu den holometabolen *Neuropteren* gestellt, später auf Grund ihrer Mundgliedmaassen und hemimetabolen Entwicklung von ihnen getrennt und den ihnen in beider Hinsicht gleichenden *Orthopteren* zugerechnet. Gegen eine Vereinigung mit den Orthopteren spricht jedoch die Beschaffenheit der Flügel, welche zum Namen „Orthopteren“ gar nicht passt.

I. Unterordnung. *Corrodentien.* Die Larven unterscheiden sich von den Imagines bei den geflügelten Formen, abgesehen von der Grösse, durch den Flügelmangel, bei den ungeflügelten Formen nur durch ihre Kleinheit. — Die bekanntesten Vertreter sind die Termiten oder weissen Ameisen, deren deutscher Name leicht über die systematische Stellung der Thiere täuschen kann. Von unseren Ameisen (Hymenopteren) unterscheiden sich die Termiten durch ihre gleichförmige Körpergliederung, die Beschaffenheit ihrer Mundwerkzeuge und ihre niemals holometabole Entwicklung; sie gleichen ihnen in einem äusserlichen, dafür um so interessanteren Merkmal, der Staatenbildung. Ein aus vielen tausend Thieren bestehender Termitenstaat baut sich einen aus kunstvoll angelegten Gängen, Vorrathskammern, Wochenstuben etc. bestehenden Bau. Als nächtliche Thiere graben sie sich, ohne je an die Oberfläche zu kommen, in altes Holz (Balkengerüst der Häuser, Möbel, Bilderrahmen, Baumstämme des Waldes etc.) ein, wobei sie den Einsturz ihrer Wohnstätte veranlassen können; sie tapezieren die Räume mit einer festen, cementartigen Masse aus, dem gefressenen und durch den

After wieder entleerten Abraum. Viele Arten bedürfen keiner Grundlage, sondern errichten ihre domartigen, 3—5 m hohen, 6—8 m im Durchmesser messenden Wohnungen aus gekauter Erde frei auf dem Boden. Im Termitenvolk unterscheidet man zunächst flügellose und geflügelte Thiere, jene mit directer, diese mit hemimetaboler Entwicklung. (Fig. 423.) Jene sind geschlechtslos oder, richtiger gesagt, Thiere mit rudimentärem Geschlechtsapparat, und zwar im Gegensatz zu den Ameisen und Bienen sowohl rudimentäre Männchen wie Weibchen; sie sind mit kräftigen Mandibeln ausgerüstet und zerfallen in 2 Stände, die Arbeiter (3) und die grossköpfigen, blinden Soldaten (4). Die geflügelten Thiere (1) besitzen functionsfähige Geschlechtsorgane; sie schwärmen nach bestandener Metamorphose aus, vereinigen sich mit den Schwärmen anderer Colonien und paaren sich. Hat sich ein Paar zusammengefunden, so kehrt es zum Boden zurück, um als „König“ und „Königin“ in einen verwaisten Staat seinen Einzug zu halten. Im Stock werden die Flügel nahe der Basis abgeknickt und findet die Begattung statt, in Folge deren das Weibchen (2) unter enormer Eiproduction zu einem unförmlichen Sack anschwillt. Da die ausschwärmenden Termiten von Vögeln und anderen Thieren verfolgt werden, kommt es vor, dass in manchen Stock kein Königspärchen zurückkehrt. In diesem Fall wird die Fortpflanzung durch Reservemännchen und Weibchen besorgt, Geschlechtsthiere, welche die Metamorphose nicht beenden, sondern auf dem Stadium mit Flügelscheiden verharren. — Weiterhin interessant sind die Termiten durch ihre erbitterten Kriege gegen die echten Ameisen. *Termes lucifugus* Rossi in Südeuropa, hat namentlich in La Rochelle und Rochefort in diesem Jahrhundert den Einsturz zahlreicher Häuser verursacht. *Termes fatalis* L. in Afrika baut mehrere Meter hohe Erdhügel.



Fig. 423. Termes lucifugus. *1* geflügeltes Geschlechtsthier, *2* Weibchen nach Verlust der Flügel mit Restern derselben, *3* Arbeiter, *4* Soldat (aus Leunis-Ludwig).

Den Termiten nahe verwandt sind die vielfach flügellosen *Psociden*, Staub- und Bücherläuse. *Troctes divinatorius* Müll., ein weissliches, im Staub überall häufiges flügelloses Thier von circa 1 mm Länge. Wahrscheinlich reihen sich auch die *Mallophagen* an, flügellose, wie Läuse auf der Haut von Säugethieren und Vögeln lebende Thiere, die vielfach auch zu den Läusen gestellt werden, sich aber durch kauende Mundgliedmassen von ihnen unterscheiden. *Trichodectes canis* Deg.

II. Unterordnung. *Amphibiotica.* Drei Familien der Archipteren, die *Perliden*, *Ephemeriden* oder Eintagsfliegen und die *Libelluliden* oder Wasserjungfern haben das Gemeinsame, dass ihre Larven im Wasser leben und hier mit Tracheenkiemen athmen. (Fig. 414.) Letztere sind verästelte Büschel am Bauch (*Perliden*) oder flügelartige Anhänge in den Seitenlinien des Abdomens (*Ephemeriden*) oder 3 blattartige Anhänge in der Gegend des Afters, wenn nicht die Wände des Enddarms selbst zur Athmung dienen (*Libelluliden*). Sämmtliche hierher gehörige Larven sind gefährliche

Räuber, besonders die Larven der auch als Imagines äusserst gefrässigen Libellen. (Fig. 424.) Die Libellenlarven haben zum Einfangen der Beute ein Labium mit stark verlängertem Mentum und Submentum, welches in der Ruhe als „Maske“ unter dem Kopf zusammengeklappt liegt, zum Angriff aber blitzschnell hervorgeschleudert werden kann. — *Perla bicaudata* L., im Frühjahr sehr verbreitet. *Ephemera vulgata* L. (Fig. 425) nebst anderen verwandten Arten zeitweilig in solchen Schwärmen auftretend, dass die Leichen der Thiere zum Dünger benutzt werden (Uferaas). Die Imagines nehmen keine Nahrung zu sich, sondern sterben nach der Begattung und Eiablage (wenige Stunden nach Beendigung der Metamorphose) ab. *Libellula depressa* L. Männchen und Weibchen aller Libellen sind sowohl an den eigenthümlichen Begattungswerkzeugen sowie an ihren verschiedenen Färbungen leicht zu unterscheiden.



Fig. 424.

Fig. 424. Larve von Aeschna grandis (nach Rösel v. Rosenhof). *m* Maske, a^1 vordere, a^2 hintere Flügelscheiden, *st* Stigmen.



Fig. 425. Ephemera vulgata (aus Schmarda). Schwanzborsten nicht bis zum Ende ausgezeichnet.

III. Unterordnung. *Physopoden* oder *Thysanopteren*, Thiere mit schmalen, beiderseits bewimperten Flügeln, mit Haftblasen an den Füssen und rudimentärer, zum Saugen eingerichteter Mundbewaffnung. Die Stellung der Gruppe im System ist sehr zweifelhaft. *Thrips cerealium* Halid., dem Getreide schädlich.

III. Ordnung. Orthopteren, Gradflügler.

Die *Orthopteren* theilen mit den *Archipteren* zwei schon bei diesen besprochene Merkmale: 1. die hemimetabole Entwicklung, welche beim Mangel der Flügel zur ametabolen wird; 2. die kauenden Mundgliedmaassen, an denen besonders auffällt, dass die Aussenlade der Maxillen die Form der „Galea“ hat, dass an der Unterlippe sämmtliche Laden getrennt bleiben und dass das Mentum die Verschmelzung aus zwei Theilen noch erkennen lässt (Fig. 407, S. 388). Dagegen hat die bei den Archipteren beschriebene primitive, zarte Beschaffenheit der Flügel einer pergamentartigen Härte Platz gemacht, welche den Namen „Orthopteren“ veranlasst hat. Indem dieselbe sich an den schmalen Vorderflügeln, welche die weicheren, meist einfaltbaren und zum Flug vornehmlich dienenden Hinterflügel decken, besonders bemerkbar macht, erhalten viele Orthopteren eine grosse Aehnlichkeit mit Käfern. Vor einer Verwechslung schützt die Untersuchung der bei Käfern stark vereinfachten Unterlippe und der Entwicklung, welche bei den Käfern stets holometabol ist. In der inneren Anatomie (Fig. 412) fällt besonders die grosse Zahl der Vasa Malpighi auf.

I. Unterordnung. *Cursorien.* Orthopteren mit mässig langen, zum raschen Lauf geeigneten Beinen. — Zu den Cursorien gehört nur die Fa-

milie der *Blattiden.* Die Thiere ähneln den Käfern, einmal durch die Gestalt des Prothorax, zweitens durch die elytrenartigen Vorderflügel, welche aber ebenso wie die Hinterflügel bei vielen Arten ganz fehlen oder mindestens bei den Weibchen schwach entwickelt sind. *Periplaneta orientalis* L., Brotschabe, schwarzbraun, besonders in Bäckerhäusern; *Blatta germanica* L., Küchenschabe, kleiner und lichter gefärbt.

II. Unterordnung. *Dermatopteren.* Die Vorderflügel sind kurze Elytren, unter denen die zum gewandten Flug dienenden Hinterflügel durch vielfache Faltung geborgen werden. — Die einzigen Vertreter der Gruppe, die Ohrwürmer oder *Forficuliden*, erinnern in ihrem Habitus an Käfer mit rudimentären Elytren (*Staphylinen*), von denen sie aber leicht an den Zangen (den „Cerci") unterschieden werden. Im Bau der Mundgliedmaassen und in ihrer Entwicklung den Orthopteren ähnlich, entfernen sie sich vom durchschnittlichen Habitus der Gruppe durch die ganz eigenthümliche Beschaffenheit der Flügel so sehr, dass sie öfters zu einer besonderen Ordnung erhoben werden. *Forficula auricularia* L., mit Unrecht gefürchtet als dem Trommelfell des Ohres gefährlich.

III. Unterordnung. *Gressorien* mit langen, dünnen, nur einen langsamen Gang gestattenden Beinen. — Die 2 Familien der Gressorien, die *Mantiden* und *Phasmiden*, sind von einander nicht unerheblich verschieden. Namentlich erhalten die *Mantiden* ein besonderes Gepräge durch den langen Prothorax und die zum Greifen und Zerschneiden der Beute dienenden Raubfüsse, welche vor dem Prothorax getragen werden und den Namen „Gottesanbeterinnen" veranlasst haben. *Mantis religiosa* L. in Südeuropa. Die ausschliesslich tropischen *Phasmiden* (Fig. 12) sind durch ihre Mimicry bekannt. Die *Bacillen* (*Acanthoderus Wallacei*) ahmen Zweige, die *Phyllien* (*Phyllium Scythe*) Blätter nach.

IV. Unterordnung. *Saltatorien.* Hintere Extremitäten lange kräftige Springbeine. — In der Gruppe herrscht ein auffallendes Missverhältniss in der Länge der 2 ersten und des dritten Beinpaares (Fig. 426); an letzterem ist der Femur dick und muskelstark, die Tibia lang und durch ihre Festigkeit zum Stützen geeignet. Indem beide spitzwinkelig im Gelenk gegen einander gestellt, dann mit grosser Energie plötzlich gestreckt werden, wird der Körper weithin geschnellt. Die Flügel unterstützen die Bewegung und können bei vielen Arten, wie den Wanderheuschrecken, das Thier zu andauerndem Flug hoch in die Luft tragen. Sehr verbreitet ist in der Gruppe die Fähigkeit, Töne zu erzeugen, indem die Flügel gegen einander (*Locustiden*) oder gegen die Beine (*Acrididen*) gerieben werden. Desgleichen finden sich tympanale Gehörorgane: bei den *Locustiden* (Fig. 428) an den letzten Tibien, bei den *Acrididen* (Fig. 427) am ersten Bauchring. Eine ringförmige Verdickung im Chitin bildet einen Rahmen, in welchem ein dünnes Chitinhäutchen wie ein Trommelfell ausgespannt ist. Von innen tritt eine Trachee an das Trommelfell heran und schwillt zu einer als Resonanzapparat fungirenden Blase an. Der Hörnerv bildet eine Crista

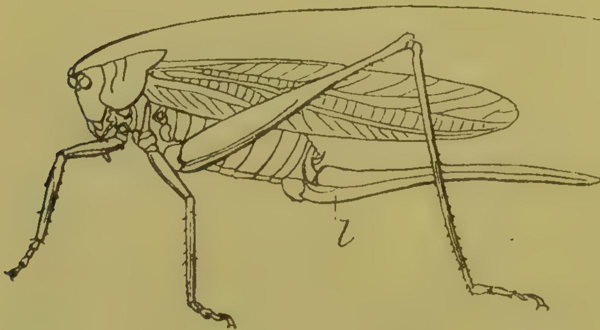


Fig. 426. Locusta caudata (nach Brunner v. Wattenwyl). *l* Legebohrer.

acustica, die stets an die Tracheenblase angrenzt, bei den *Acrididen* zwischen sie und das Trommelfell eingelagert ist. An der Fähigkeit der Tonproduction erkennt man die Männchen; die Weibchen sind noch leichter zu erkennen an dem zur Eiablage dienenden, besonders bei *Locustiden* entwickelten Legebohrer (Fig. 426): 6 säbelförmige Anhänge des letzten Abdominalrings sind derart vertheilt, dass 4 zu einer Scheide zusammenschliessen, in deren Innerem 2 weitere sägeartig gezähnte Stücke auf und ab bewegt werden können. Als Vertreter der 3 hierher gehörigen Familien

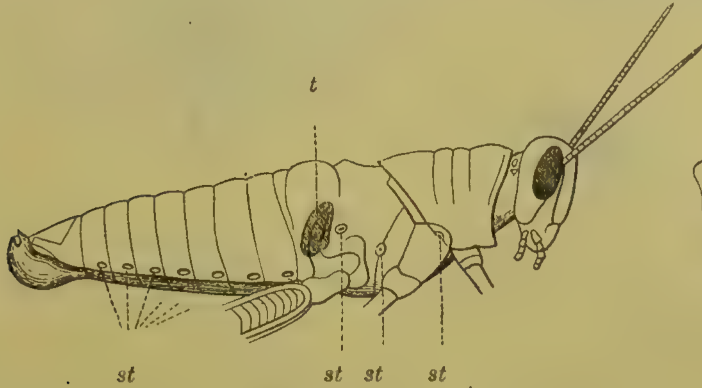


Fig. 427.

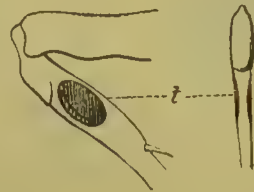


Fig. 428.

Fig. 427. Seitenansicht von Acridium nach Entfernung der Flügel. *st* Stigmen, *t* Tympanum. Fig. 428. Vordertibien einer Locustide in Seiten- und Vorderansicht mit Trommelfell (*t*) (aus Hatschek nach Fischer).

sind zu nennen: für die *Locustiden* oder Laubheuschrecken *Locusta viridissima* L., für die *Acrididen* oder Feldheuschrecken ausser zahlreichen einheimischen Formen die Felder verheerende Wanderheuschrecke *Pachytylus migratorius* L., für die *Grylliden* oder Grabheuschrecken die Feldgrille *Gryllus campestris* und das Heimchen *Gr. domesticus.*

IV. Ordnung. Neuropteren, Netzflügler.

Die *Archipteren* besitzen eine Parallelgruppe in den *Neuropteren*, mit denen sie früher sogar vereinigt wurden. Die *Neuropteren* haben nicht nur die jenen zukommende Flügelstructur, sondern zeigen auch im gesammten Habitus vielfach mit ihnen eine grosse Aehnlichkeit, wie z. B. die *Ameisenlöwen* an die *Libellen*, die *Chrysopiden* an die *Perliden* erinnern. Die Neuropteren sind jedoch holometabol und besitzen ein Ruhestadium, wenn auch ihre freien Puppen kurz vor dem Ausschlüpfen des Insects eine nicht unbedeutende Fähigkeit zur Ortsveränderung entfalten. Die Mundgliedmaassen sind zwar noch kauend, zeigen aber bei den *Planipennien* eine an die Käfer erinnernde Vereinfachung der Unterlippe, deren Laden verschmolzen sind. Bei den *Trichopteren* geht die Vereinfachung der Mundgliedmaassen noch weiter, indem Unterlippe und Kiefer ähnlich wie bei den Schmetterlingen zu einer Art Rüssel verwachsen; man hat die *Trichopteren* daher in der Neuzeit von den echten Neuropteren getrennt und zu einer selbständigen Ordnung erhoben.

I. Unterordnung. *Planipennien.* Am bekanntesten sind die *Myrmeleontiden,* welche als Imagines den Libellen täuschend ähneln, als Larven auf Insecten, besonders Ameisen Jagd machen und so den Namen „Ameisenlöwen“ veranlasst haben. Die mit langen zangenartigen Mandibeln ver-

sehenen Larven (Fig. 429 2) bauen im Sand einen Trichter und vergraben sich am Grund desselben, so dass nur die Kiefer hervorragen, welche Insecten, die den Abhang der Fallgrube heruntergleiten, packen und tödten. *Myrmeleo formicarius* L.



Fig. 429. Myrmeleo formicarius. *1* Imago, 2 Larve, *3* Puppe in ihrer Wiege (aus Schmarda).



Fig. 430. Phryganea grandis (aus Schmarda).

II. Unterordnung. *Trichopteren.* Die nur durch die *Phryganiden* (Fig. 445) vertretene Gruppe ähnelt den Schmetterlingen erstens, indem die Kiefer zu einem, wenn auch kurzen Saugrüssel vereint sind, zweitens, indem die Flügel mit Schuppen bedeckt und daher wie Mottenflügel gezeichnet sind. Die Larven leben im Wasser, athmen durch büschelförmige Kiemen und bauen sich durch Zusammenkitten von allerhand Fremdkörpern ein Gehäuse, aus dem sie nur zum Zwecke der Fortbewegung mit Kopf, Thorax und Beinen herauskommen. Die Verpuppung vollzieht sich im Gehäuse. *Phryganea grandis* L.

Anhangsweise seien hier die höchst merkwürdig gebauten *Strepsipteren* erwähnt, Parasiten, die auf Hymenopteren wohnen und nur eine Familie bilden, die *Stylopiden.* Die lebhaft springenden sechsbeinigen Larven (Fig. 431 *3*) dringen zwischen die Bauchschienen von Bienen und Wespen ein und verpuppen sich hier. Aus der Puppenhaut schlüpft nur das geflügelte, äusserst bewegliche Männchen (*2*) aus. Dasselbe hat nur Rudimente von Vorderflügeln, dafür um so kräftigere Hinterflügel und einen entsprechend langen Metathorax. Das flügel- und beinlose, madenartige Weibchen (*1*) verbleibt in der Puppenhülle und wird hier befruchtet. Eine mit einer Strepsiptere behaftete Biene heisst stylopisirt. *Stylops melittae* Kirby.

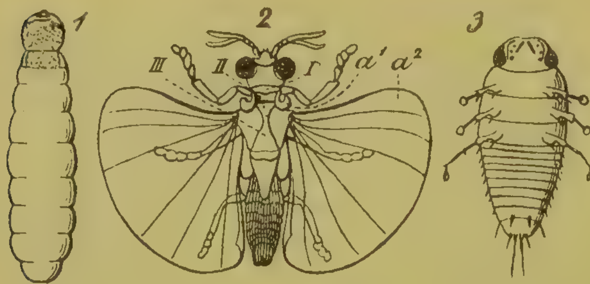


Fig. 431. Xenos Rossii. *1* Weibchen, 2 Männchen, 3 Larve, I II III die 3 Thoraxsegmente, a^1 rudimentärer erster, a^2 wohlentwickelter zweiter Flügel.

V. Ordnung. Coleopteren, Käfer.

Die Käfer beschliessen den Kreis der Insecten mit kauenden Mundgliedmaassen, unter denen sie den *Orthopteren* am meisten verwandt sind. Wie diese besitzen sie kräftige Mandibeln und wohlentwickelte

Maxillen mit Innen- und Aussenlade (letztere oft zweigliedrig, tasterartig, Fig. 432); dagegen ist ihre Unterlippe vereinfacht, ein Mentum, an dem kurze Palpi labiales, zur Ligula verwachsene Glossen, ab und zu auch Paraglossen sitzen. Ein zweiter die Käfer von den Orthopteren trennender Charakter ist die holometabole Entwicklung, in deren Verlauf stets typische freie Puppen auftreten, während die Larven je nach der Lebensweise eine grosse Mannichfaltigkeit der Gestalt zeigen (Fig. 419). Was aber am meisten den Thieren ein leicht kenntliches Gepräge verleiht, ist die Beschaffenheit der Flügel; die Vorderflügel sind harte, zum Flug ungeeignete Elytren, unter deren Schutz die zarten, mehrfach gefalteten Hinterflügel, die eigentlichen Flugorgane (vergl. Ohrwürmer), geborgen werden. Indem nun von den Elytren zugleich die zwei hinteren Thoraxringe und fast sämmtliche Bauchringe beschützt werden, erhalten die Ringe auf ihrer Rückenseite eine gleichartige weichhäutige Beschaffenheit. So wird äusserlich eine Dreitheilung des Käferkörpers vorgetäuscht (Fig. 433), welche mit der den Insecten charakteristischen Sonderung in Kopf, Torax und Abdomen nicht zusammenfällt, eine Sonderung, in: 1) Kopf, 2) einen ansehnlichen Prothorax, 3) einen dritten Abschnitt, welcher vermöge der Flügelbedeckung einheitlich erscheint, thatsächlich aber aus den beiden hinteren Thoraxringen und dem Abdomen besteht.

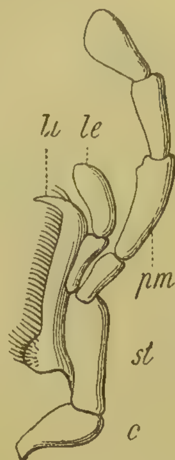


Fig. 432. Maxille von Procrustes coriaceus. *c* Cardo, *st* Stipes *li*, *le* Lobus externus und L. internus, *pm* Palpus maxillaris.

Um die zahlreichen, etwa 80,000 verschiedene Arten enthaltenden Familien in übersichtlicher Weise anzuordnen, hat man 4 Unterordnungen aufgestellt und nach der verschiedenen Beschaffenheit des Tarsus charakterisirt. Derselbe besteht bei den *Pentameren* aus 5 Gliedern, einem keulenförmigen, die Klauen tragenden Endglied und 4 herzförmig ausgeschnittenen, an die Tibia anschliessenden Stücken. (Fig. 449 *a*.) Während das Klauenglied überall constant bleibt, erfahren die vorhergehenden Glieder bei vielen Käfern eine Rückbildung: bei den *Tetrameren* wird das vorletzte Glied rudimentär, bei den *Trimeren* wird von den zwei vorletzten das eine rudimentär, das andere schwindet ganz (Fig. 434 *b*). Da man früher die rudimentären, bei gewöhnlicher Lage des Tarsus von der Umgebung verdeckten Stücke ganz übersah, zählte man nur 4, resp. 3 Tarsalglieder und kam so zu den Namen Tetrameren und Trimeren, welche besser *Cryptopentameren* oder *Pseudotetrameren* und *Cryptotetrameren* oder *Pseudotrimeren* heissen sollten. Die Bezeichnung *„Heteromeren"* für die vierte Unterordnung endlich bedeutet, dass der Tarsus des dritten Beinpaars von den vorhergehenden abweicht, indem er pseudotetramer ist.


Fig. 433. Calosoma sycophanta (nach Leunis-Ludwig).



Fig. 434. Tarsusformen, *a* pentamere von Dytiscus marginatus, *b* cryptotetramere von Coccinella septempunctata, *t* Tibia, * reducirtes Tarsalglied.

I. Unterordnung. *Pentameren.* Diese umfangreichste Gruppe enthält die Lauf- und Sandkäfer *Carabiden* (*Calosoma sycophanta* L. [Fig. 434], *Cicindela campestris* L.), die Wasserkäfer *Hydrophiliden* und *Dityscíden*, die *Lamellicornier* etc.

II. Unterordnung. *Heteromeren.* Von den wenigen hierher zu rechnenden Familien ist am bekanntesten die Familie der *Meloiden*, weil ihre Vertreter zwischen den Bauchschienen ein scharfes Secret (Cantharidin) ausscheiden, welches Grund ist, dass die getrockneten und zerstampften Körper der *Lytta vesicatoria* L. (Cantharide oder spanische Fliege) zur Bereitung von Blasenpflastern benutzt werden können.

III. Unterordnung. *Tetrameren* (*Cryptopentameren*). Vier sehr artenreiche Familien machen die dritte Unterordnung aus, alle 4 als Pflanzenfeinde von grosser Wichtigkeit. Die durch lange Fühler ausgezeichneten Bockkäfer, *Cerambyciden*, werden durch ihre im Holz bohrenden Larven den Waldungen schädlich (*Cerambyx heros* L.). Noch verheerender wirken die *Bostrychiden*, da Larven und geschlechtsreife Thiere im Baste bohren, wo sie Figuren erzeugen, welche an Lettern erinnern (*Bostrychus typographus* L.). Durch das Abfressen der Blätter schaden den Pflanzen die *Chrysomelinen* (*Doryphora decemlineata* Laq., der Coloradokäfer an Kartoffeln). Die Früchte endlich leiden durch den Stich der *Curculioniden*, Rüsselkäfer, welche mit ihrem rüsselartig ausgezogenen vorderen Körperende Nüsse (*Balaninus nucum* L.), Aepfel (*Rhynchites Bacchus* L.) etc. anstechen und in die Canäle ihre Eier legen, aus denen die Larven auskriechen, um die Frucht auszufressen.

IV. Unterordnung. *Trimeren.* Aus dieser kleinsten Hauptabtheilung der Käfer sind am bekanntesten die *Coccinelliden* oder Marienkäferchen, *Coccinella septempunctata* L., deren Larven durch die Jagd auf Blattläuse nützlich sind.

VI. Ordnung. Hymenopteren.

Die *Hymenopteren*, zu denen als bekannteste Formen die Bienen, Wespen, Ameisen etc. gehören, haben der Mehrzahl nach kräftige, zum Kauen geeignete Kiefer, an denen sich aber vielfach schon Merkmale erkennen lassen, welche zu den leckenden Mundgliedmaassen überleiten: Streckung von Maxillen und Unterlippe, Verschmelzung der inneren Lippenladen zur Glossa. Eine Minderheit der Hymenopteren ist daher auch durch vollkommen ausgebildete Saugorgane ausgerüstet. Bei Bienen und Hummeln (Fig. 408) ist die Glossa eine lang ausgezogene Rinne, deren Ränder umgebogen und fast zu einer Röhre geschlossen sind; sie steckt in einem Futteral, welches von den stark verlängerten Labialtastern und den Laden der Maxillen gebildet wird; nur die Mandibeln sind hier noch wie bei allen Hymenopteren kräftige Beisszangen.

Da die Beschaffenheit der Mundgliedmaassen wechselt, ist bei der Systematik grösserer Werth auf Körpergliederung und Flügelstructur zu legen. Die Flügel sind häutig, d. h. sie sind zarte, von wenigen Adern durchzogene Membranen (Fig. 436); sie wirken beim Flug durchaus wie ein einziges Paar, indem meist die Vorderflügel mit den Hinterflügeln durch häkchenartige Haftborsten fest verbunden sind. Da jene wesentlich grösser sind als diese, übertrifft auch der zugehörige Mesothorax an Ausbildung die beiden anderen Thoraxringe, welche — besonders der Prothorax — als kleine Stücke den Anschluss an den kräftigen Mesothorax suchen und mit ihm sogar theilweise verschmelzen. So wird

der Thorax ein einheitliches Stück, welches durch tiefe Kerben von Kopf und Abdomen getrennt wird; speciell das Abdomen ist häufig nur an einer schmalen Stelle (Wespentaille!) mit dem Thorax verbunden; es ist „anhängend“ oder, wenn das erste Bauchsegment fein ausgezogen ist, „gestielt“.

Die Weibchen sind von den Männchen durch mancherlei Merkmale unterschieden, vor Allem durch die Bewaffnung des hinteren Körperendes, welche uns in zwei Formen entgegentritt, als Legebohrer oder Terebra und als Stachel oder Aculeus. Die Terebra dient zur Eiablage und gleicht noch vollkommen dem Legebohrer der Orthopteren, nur dass von den dort vorhandenen vier Scheidenstücken zwei an Grösse zurückbleiben, während die zwei anderen allein das Etui für die als Bohrer functionirenden Stücke bilden. Der Aculeus ist eine modificirte Terebra; von den vier Scheidenstücken erhalten sich zwei getrennt („die Stachelscheiden“), zwei andere verwachsen unter einander zur „Stachelrinne“, welche den zwei „Stechborsten“ zur Führung dienen. Letztere dienen nicht mehr zur Eiablage, sondern zum Stechen und sind daher mit einer an ihrer Basis mündenden Giftdrüse versehen, deren ätzendes Secret (Ameisensäure) die Schmerzhaftigkeit der Wunde verursacht. Der ganze Apparat wird im Ruhezustand in den Hinterleib zurückgezogen; er fehlt gemäss seiner Entstehung aus einem Ovipositor den männlichen Hymenopteren.

Die Unterschiede von Terebra und Aculeus liefern systematisch gut verwerthbare Merkmale; von weiterer systematischer Bedeutung ist die Entwicklung, welche eine holometabole ist. Zwar sind die Puppen überall im Wesentlichen gleich (P. liberae), dagegen kennt man zweierlei Larvenformen. Einige Hymenopteren haben Larven mit wohlentwickelten Beinen, vielfach sogar Raupen von lebhaft grüner Färbung, die sich von Schmetterlingsraupen nur durch die grosse Zahl der Afterfüsse unterscheiden, andere Hymenopteren besitzen fusslose Maden (Fig. 56). Raupen finden sich, wo sich die Larve selbst ihr Futter suchen muss, Maden dagegen, wo die Larve im Uebermaass von Nahrung aufwächst, sei es, dass sie dieselbe von den Imagines zugetragen bekommt, sei es, dass sie parasitisch lebt. Auf Grund der Unterschiede, welche die Larven und die Anhänge des weiblichen Abdomens bieten, kann man drei Unterordnungen aufstellen:

I. Unterordnung. *Terebrantien.* Weibchen mit Legeröhre, Larven raupenartig oder doch wenigstens mit Thoracalfüssen versehen. Die Eier werden in Blätter oder Holz abgelegt, gewöhnlich ohne dass es zur Gallenbildung kommt. Die Larve bedarf daher, um sich zu ernähren, der Ortsbewegung. Die *Tenthredinideu*-Larven fressen Blätter wie Schmetterlingsraupen und sehen denselben daher auch ähnlich (*Lophyrus pini* L. auf Fichten); die *Uroceriden*-Larven bohren im Holz und haben wie alle im Dunkeln lebenden Larven weissliche Farbe. *Sirex gigas* L. (Fig. 435.)

II. Unterordnung. *Entophagen.* Weibchen ebenfalls noch mit einer Legeröhre versehen, Larven dagegen madenartig, ohne Beine, parasitisch in Gallen oder in Thieren. Die *Entophagen* benutzen zum Theil ihre Legeröhre, um durch ihren Stich krankhafte Auswüchse, „Gallen“, an Pflanzen zu erzeugen, damit die im Centrum derselben sich aus dem Ei entwickelnden Larven hier ihre Nahrung finden; zum Theil stechen sie mit der Legeröhre andere Insecten und Insectenlarven an und versenken in sie die Eier. Die ausschlüpfenden jungen Thiere fressen das Innere ihres Wirthes aus

und verursachen dessen Tod, der bei vielen Insectenlarven schon vor Beendigung der Metamorphose eintritt. Gallen erzeugende Hymenopteren sind die *Cynipiden* (*Cynips Gallae tinctoriae* Oliv. ist Ursache zur Bildung der zur Tintenfabrication dienenden Galläpfel, *Rhodites Rosae* L., Ursache des Rosenkönigs). Als Insectenfeinde sind von grosser Bedeutung die *Ichneumoniden* (*Pimpla instigator* Fabr.) und *Braconiden* (*Microgaster glomeratus* L.), indem sie oft der Ausbreitung der verheerenden Insecten (wie der Nonnen, der Kohlweisslinge) ein Ziel setzen.



Fig. 435. Sirex gigas (nach Taschenberg).

III. Unterordnung. *Aculeaten.* Weibchen mit Stachel, Larven madenartig. — Der Stachel dient zum Angriff und zur Vertheidigung, beides im Interesse der jungen Brut, welche hilflos ohne Extremitäten auf das ihnen zugetragene Futter angewiesen ist. Die Grabwespen, *Fossorien* (*Sphex maxillosa* Fabr.) bauen in der Erde tönnchenartige Behälter, in welche sie die Eier legen. In die Behälter tragen sie zur Nahrung andere Insecten hinein, welche sie durch einen Stich in das Bauchmark lähmen oder tödten. Bei Wespen und Bienen, *Vesparien* und *Apiarien*, werden kunstvollere Bauten errichtet aus gekautem Holz (Wespen), oder aus zurecht geschnittenen Blättern, Erde etc., oder aus Wachsblättchen, welche das Thier zwischen den Abdominalschienen selbst ausscheidet (Bienen). Die Behälter, welche die junge Brut mit ihrer Nahrung beherbergen sollen, sind auch hier entweder einzelne Tönnchen oder hexagonale Zellen, welche kunstvoll zu horizontal oder senkrecht stehenden Waben vereint sind. Da zur Nahrung vegetabilische Substanzen, wie Honig, Blüthenstaub, gekaute Früchte dienen, ist nunmehr die einzige Aufgabe des Stachels die Abwehr der Feinde. Der Umstand, dass die Nachkommenschaft besser geschützt ist, wenn zahlreiche Individuen sich zu gemeinsamem Kampf vereinigen, hat wahrscheinlich die bei Hummeln, Wespen und Bienen zu verschiedengradiger Vollkommenheit gediehene Staatenbildung veranlasst. Das Bienenvolk (*Apis mellifica* L.), welches in einem gemeinsamen Stock lebt, besteht aus dreierlei, durch verschiedenen Bau des Kopfs unterschiedenen Individuen (Fig. 436): einer Königin, einigen hundert Drohnen, den männlichen Bienen, und etwa 10,000 Arbeitsbienen. Letztere sind Weibchen und als solche mit dem Stachel versehen; sie haben aber functionsunfähige, rudimentäre Geschlechtsorgane und nur die Aufgabe, den Stock zu bauen, zu vertheidigen und in ihn Futter für den Winter und zur Aufzucht der Brut zu sammeln. Das Geschäft des Eierlegens bleibt der Königin vorbehalten, welche nur einmal beim Beginne ihres Regiments begattet wird, wenn sie sich mit den

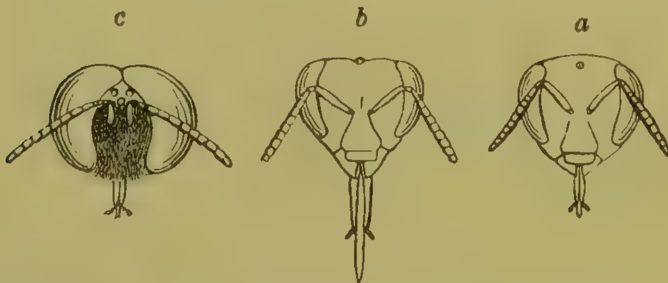


Fig. 436. Köpfe von Apis mellifica. *a* Königin, *b* Arbeiterin, *c* Drohne mit 3 Stemmata und 2 median zusammenstossenden Facettenaugen (nach Boas).

Drohnen auf den Hochzeitsflug begeben hat; für ihre vierjährige Lebensdauer bewahrt sie das Sperma im Receptaculum seminis. Je nachdem aus demselben die Eier bei der Ablage mit Sperma versehen werden oder nicht, entwickeln sie sich zu weiblichen oder männlichen Bienen. Eine Königin, die nicht befruchtet wurde oder ihr Receptaculum völlig entleert hat, ist drohnenbrütig; sie kann nur Drohneneier produciren. Das weitere Schicksal der befruchteten Eier hängt von der Ernährung der Larven ab. Die Eier werden zu Arbeiterinnen bei spärlicher Kost, zu Königinnen, wenn sie in besonders grossen Zellen (Weiselwiegen) abgelegt und demgemäss auch mit reichlicherem oder besserem Futter versehen werden. Schlüpft aus einer Weiselwiege eine junge Königin aus, so verlässt die vorhandene Königin mit einem Theil des Volkes (Vorschwarm) den Stock, um einen neuen Staat zu gründen. Das Auswandern kann sich noch ein-, auch noch zweimal wiederholen (Nachschwärme), so lange noch genug Bienenvolk vorhanden ist; andernfalls wird eine übermässige Verkleinerung des Arbeiterbestandes durch Tödten der noch nicht ausgeschlüpften Königinnen verhindert.

Noch vorgeschrittener in der Staatenbildung als die Bienen und Wespen sind die Ameisen, *Formicarien*, welche sich von den übrigen Hymenopteren am meisten entfernen, indem die Flügel bei einem Theil, den Arbeitern, verloren gehen und der Stachel rudimentär wird oder ganz schwindet. Nur wenige Ameisen stechen wie Bienen und Wespen; die meisten beissen und spritzen das Secret (Ameisensäure) der Giftdrüse, welche trotz Rückbildung des Stachels erhalten bleibt, in die Wunde. Die Bauten der Ameisen sind weniger kunstvoll als die der Bienen, ihre staatlichen Einrichtungen häufig complicirter. Man unterscheidet ungeflügelte Arbeiter (rudimentäre Weibchen), häufig sogar verschiedene Formen, und geflügelte Geschlechtsthiere, die sich auf dem Hochzeitsflug begatten. Die begatteten Weibchen (Königinnen) kehren nach Verlust der Flügel in den Stock zurück. Meist stehen mit den Ameisenstaaten anderweitige Insecten (Myrmecophilen) in Verbindung, wie die *Aphiden*, welche wegen des von ihnen bereiteten Honigs gepflegt werden. Viele Ameisen ziehen die geraubten Puppen anderer Arten auf und benutzen die auskriechenden Imagines als Sklaven. *Polyergus rufescens* Latr. ist sogar auf diese Sklaverei angewiesen, da sie von den Sklaven gefüttert wird und ohne sie verhungert. Sehr interessant sind die Ameisen durch ihre planmässig unternommenen Kriegszüge (*Ecitons: E. legionis* Bates), durch ihre Beziehungen zu Pflanzen, denen einige Arten (*Atta cephalotes* Fab., „Blattschneiderameisen“) die Blätter rauben, während andere (*Azteca instabilis* Smith) sie wieder gegen die Angreifer vertheidigen. Letzteren bietet die schutzbedürftige Pflanze meist Zufluchtsstätten in Hohlräumen der Internodien, welche sich durch besondere Mündungen, die Ausfallthore der vertheidigenden Ameisen, nach aussen öffnen.

VII. Ordnung. Rhynchoten, Schnabelkerfe.

Die *Rhynchoten* sind in ihrem äusseren Habitus am ähnlichsten den *Orthopteren* und *Archipteren*. Aehnlich ist die Art, wie Kopf, Thorax und Abdomen aneinandergefügt sind, ähnlich die hemimetabole Entwicklung, die bei Rückbildung der Flügel zur ametabolen wird. *Rhynchoten* mit starren, lederartigen Flügeln, wie die *Cicaden*, können daher von unerfahrenen Beobachtern leicht mit Heuschrecken verwechselt werden, während andere Arten wie die *Aphiden* durch die zarte Structur und die Gleichartigkeit ihrer Flügel an *Archipteren*

erinnern. Unterscheidend sind in allen Fällen die zu einem Stechrüssel umgewandelten Mundgliedmaassen. Die Unterlage des Rüssels ist eine viergliedrige, von der Unterlippe gebildete Rinne, deren Spalt durch die Oberlippe geschlossen wird, während im Innern Mandibeln und Maxillen — erstere noch zu einem besonderen Saugrohr vereint — als vier Stechborsten liegen. Nach der Ausbildung der Flügel sind leicht drei Unterordnungen zu unterscheiden.

I. Unterordnung. *Hemipteren* (*Heteropteren*), Wanzen. Die Wanzen (Fig. 437) besitzen eine nur ihnen zukommende Beschaffenheit der Vorderflügel; dieselben sind Hemielytren, d. h. sie sind lederartig an der Basis, weich und elastisch an der Spitze. Zwischen den Hemielytren liegt ein ansehnliches Scutellum (*s*), ein dreieckiges Stück, welches bei Schildwanzen den Rücken mehr oder minder vollkommen deckt. Da nun Scutellum wie Hemielytren, wenn auch selten, rückgebildet sein können, muss als weiteres allgemein vorkommendes Merkmal der Stinkapparat erwähnt werden, ein paariger Drüsenapparat, welcher den Wanzen ihren meist widerlichen Geruch verleiht und ventral am Metathorax mündet. Nach dem Aufenthaltsort gruppirt man die zahlreichen Familien in die Land- und Wasserwanzen, *Hydrocores* und *Geocores*. Zu den ersteren gehören die äusserst schmerzhaft stechenden, grossen Scorpionwanzen *Nepiden* (*Nepa cinerea* L.), zu letzteren die Schild- oder Baumwanzen *Pentatomiden* (*P. rufipes* L. [Fig. 437]) und die Hautwanzen *Membranaceen*. Die bekannteste Hautwanze (der Name bezieht sich auf die Abplattung des Körpers) ist die Bettwanze *Acanthia* (Cimex) *lectularia* L.



Fig. 437. Pentatoma rufipes. *a* mit ausgebreiteten, *b* mit geschlossenen Flügeln, *s* Scutellum (aus Hayek).

II. Unterordnung. *Homopteren*. Die Vorder- und Hinterflügel der Homopteren sind, sofern nicht ein oder beide Paare rückgebildet sind, von gleichartiger Structur, wenn auch nicht immer von gleicher Grösse; entweder sind sie ähnlich den Flügeln der Heuschrecken pergamentartig: *Cicadarien*, oder sie sind äusserst zart wie bei manchen Neuropteren: *Phytophthiren*. — Zu den *Cicadarien* gehört vor Allem die Familie der *Stridulantien*, welche im männlichen Geschlecht laut schallende Tonapparate besitzen (Trommelfelle am Abdomen, die durch Muskeln in Schwingungen versetzt werden.) *Cicada plebeja* Scop, die Singcikade Südeuropas; *Cicada orni* L. (Fig. 438), bewirkt durch ihren Stich an Eschen den Ausfluss von Manna. Eine weitere Familie hat einen an eine Laterne erinnernden, jedoch nicht leuchtenden Aufsatz: *Fulgorinen* (*Fulgora laternaria* L.). — Die *Phytophthiren* (Fig. 440) sind den Pflanzen schädlich, deren Blätter, Stämme und Wurzeln sie anstechen, wobei häufig Gallen entstehen. Die vorwiegend parthenogenetische Fortpflanzung ist Ursache zu einer enormen Vermehrung, die lange Zeit localisirt bleibt, da die meisten (häufig viviparen) Weibchen flügellos sind. Zeitweilig auftretende geflügelte Weibchen führen dann zur weiten Ausbreitung (Fig. 440 *1*). Im Herbst erscheinen Männchen; die von ihnen befruchteten Eier überwintern. Man kennt zwei Familien, *Cocciden* und *Aphiden*. Bei den *Cocciden* oder Schildläusen sterben die flügellosen Weibchen nach der Eiablage ab und decken die Eier mit ihrem harten schildartigen Körper; sie produciren vielfach Farbstoffe von grosser

Beständigkeit. *Coccus cacti* L., die Cochenille (Carmin), *Coccus lacca* Fab. lebt auf Ficus religiosa und liefert das Rohproduct für den Schellack. Die *Aphiden* oder Blattläuse sind weichhäutig, verursachen durch ihre



Fig. 438. Cicada orni (aus Schmarda).

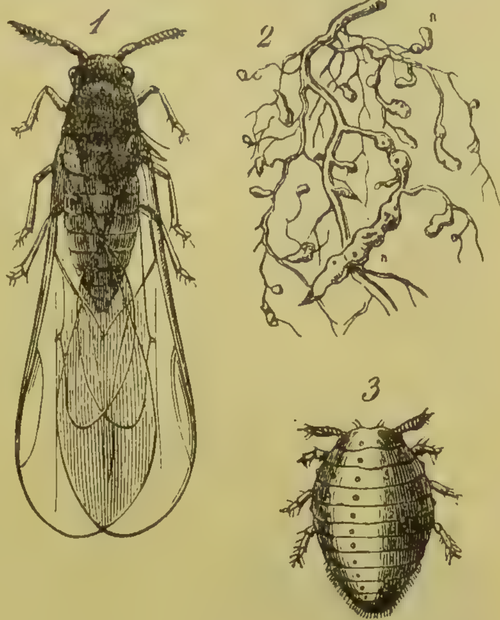


Fig. 440. Phylloxera vastatrix. *1* geflügelte Generation, *2* ein Stück Wurzel mit Nodositäten (*a*), *3* ungeflügelte Wurzelgeneration (aus Leunis-Ludwig).

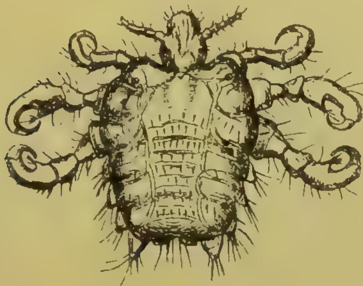


Fig. 439. Phthirius inquinalis (nach Leuckart).

klebrigen Honigsecrete bei Pflanzen den schädlichen Mehlthau: *Aphis rosae* L. Die besondere Unterfamilie der *Chermetiden* oder Rindenläuse, an Wurzeln und Stengeln saugend, ist berüchtigt durch die dem Weinstock so verderbliche Reblaus, *Phylloxera vastatrix* Pl. (Fig. 440.)

III. Unterordnung. *Apteren*, Läuse, flügellose Thiere mit directer Entwicklung, bekannt durch die auf dem Menschen schmarotzenden *Pediculiden*, welche mit ihrem Rüssel Blut saugen. Die auffallend grossen Eier (Nissen) werden an die Haare angeklebt. *Pediculus capitis* de Geer und *P. vestimentorum* Burm. mit langgestrecktem Abdomen. *Phthirius inquinalis* L. (*pubis* Redi) mit gedrungenem Abdomen (Fig. 439), bei enormer Vermehrung Ursache der Phthiriasis oder Läusesucht.

VIII. Ordnung. Dipteren, Zweiflügler.

Mit den *Rhynchoten* werden die *Dipteren* von manchen Zoologen als Pungentien, d. h. Insecten mit stechenden Mundtheilen vereinigt. In der That ist eine Aehnlichkeit der Mundgliedmaassen nicht zu verkennen, da die Unterlippe gemeinsam mit der Oberlippe einen Rüssel (Haustellum) bildet, in welchem Mandibeln, Maxillen und ein Fortsatz der Unterlippe, der Hypopharynx, als Stilets eingeschlossen liegen. Im Einzelnen sind jedoch manche Unterschiede vorhanden, wie z. B. dass die Maxillen wohl entwickelte Taster tragen (Fig. 410). Zu diesen untergeordneten Differenzen kommen noch 3 sehr wichtige weitere Merkmale, die eine völlige Sonderung der Dipteren nöthig machen (Fig. 442, 443): 1. Von den Flügeln ist nur das vordere Paar gut entwickelt, das zweite ist von den Halteren ersetzt, kleinen

wie Paukenschlägel mit einer Anschwellung endenden Fortsätzen, welche durch ihren Reichthum an Nerven sich als Sinnesorgane zu erkennen geben. 2. Aehnlich wie bei Hymenopteren ist der Thorax ein gegen Kopf und Abdomen als eine Einheit scharf abgesetztes Stück, in welchem der Mesothorax in auffallender Weise überwiegt. 3. Die Entwicklung ist eine holometabole, in deren Verlauf zweierlei Larven und zweierlei Puppen auftreten. Die Larven sind stets fusslos, haben aber entweder einen besonderen Kopfabschnitt mit beissenden Mundgliedmaassen, oder sind kopflos und haben einen rudimentären Saugapparat (Fig. 441). Die Puppen sind entweder freie Puppen mit grosser Beweglichkeit oder Tönnchenpuppen. Giebt uns somit die Entwicklungsgeschichte auffallende, systematisch gut verwerthbare Merkmale an die Hand, so werden dieselben wesentlich ergänzt durch Unterschiede in der Länge oder Kürze der Beine, der Fühler, des Rüssels und durch Unterschiede in der Körpergestalt.

I. Unterordnung. *Nemoceren*, Mücken. Die Thiere sind langgestreckt, mit langen vielgliedrigen Fühlern, langem Rüssel, langen Beinen. Die Larven leben im Wasser, wo sie beim Mangel der Füsse mittelst zuckender Körperbewegungen schwimmen und mit kräftigen Fresswerkzeugen Beute erjagen. Die Puppe kann ebenfalls noch ziemlich energisch im Wasser schwimmen. Die bekanntesten Mücken sind die unschädlichen *Tipuliden* (*Tipula gigantea* Schr.) und die empfindlich stechenden Schnaken oder Stechmücken, *Culiciden* (*Culex pipiens* L.). Durch ihre Pädogenese haben einige *Cecidomyiden* (Fig. 442) der Gattung *Miastor* das Interesse auf sich gelenkt (Fig. 417).

II. Unterordnung. *Tanystomen.* In der gedrungenen Körpergestalt und den meist kurzen Fühlern und Beinen gleichen die Tanystomen den *Muscarien*, mit denen sie früher vereinigt wurden; sie unterscheiden sich von ihnen und nähern sich den *Nemoceren* durch den langen Rüssel und durch ihre Entwicklung. Larven und Puppen leben beweglich in der Erde; erstere haben beissende Mundgliedmassen. *Tabaniden*, Bremsen, *Tabanus bovinus* L. Die weiblichen Thiere verfolgen mit ihren schmerzhaften Stichen Rinder, Pferde und Menschen.

III. Unterordnung. *Muscarien* (Brachyceren nach Ausschluss der Tanystomen). Die „Fliegen" haben einen gedrungenen Körper, kurze drei-



Fig. 441. Larve von Anthomyia canicularis (nach Leuckart).

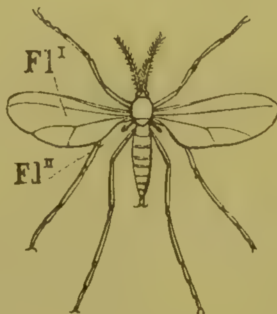


Fig. 442. Cecidomyia-Weibchen (nach Nitsche). *Fl^I* Vorderflügel, *Fl^II* Hinterflügel oder Halteren.



Fig. 443. Gastrophilus equi, *h* Halteren (aus Hayek).

gliedrige Fühler mit einer Borste (Arista), kurze Beine, die mit Haftlappen (Pulvillen) enden. Ihre kopflosen Larven leben in faulenden Substanzen oder

parasitisch in anderen Thieren; die Puppen sind Tönnchenpuppen. *Musciden: Musca domestica* L. *Musca vomitoria* L. legt die Eier an Leichen oder rohem Fleisch ab. *Anthomyiden:* die Larven (Fig. 441) wurden ab und zu parasitisch im Menschendarm getroffen. *Ostriden:* die Larven leben stets parasitisch, z. B. in den Dasselbeulen des Rindes (*Hypoderma bovis* L.) oder in Geschwüren des Pferdemagens (*Gastrophilus equi* Fab.). (Fig. 443.)

IV. Unterordnung. *Pupiparen.* Die sehr beweglichen Thiere sind Parasiten auf dem Körper von Säugethieren und Insecten und haben häufig ihre Flügel gänzlich eingebüsst. Die Larvenentwicklung verläuft im Uterus der Mutter, so dass die Larven kurz nach der Geburt sich verpuppen können. *Braula coeca* Nitzsche, Bienenlaus, ein sehr verbreiteter Parasit der Honigbiene.

IX. Ordnung. Aphanipteren, Flöhe.

Mit den Dipteren wurden trotz des Mangels der Flügel die Aphanipteren (Siphonapteren) oder Flöhe vereinigt, weil man mit Recht annahm, dass die Thiere von beflügelten Formen abstammen. Letzteres lässt sich aus der holometabolen Entwicklung schliessen, im Laufe deren lange, fusslose, in faulendem Holz lebende Larven und freie Puppen auftreten. Wichtige Einwände gegen die Vereinigung mit den Dipteren ergeben sich jedoch aus der gleichförmigen Körpergliederung (Fig. 444) und dem Umstand, dass die Saugorgane abweichend von den Dipteren aus Oberkiefern und Oberlippe bestehen, während die messerartigen Maxillen zum Einschneiden der Haut dienen. Ausser dem Menschenfloh *Pulex irritans L.* kennt man viele auf anderen Thieren schmarotzende Puliciden. Ein auch den Menschen befallender Parasit der Tropen ist der Sandfloh, die S a r c o p s y l l a p e n e t r a n s L., die sich mit dem vorderen Ende in die Finger- und Zehenhaut unter den Nägeln einbohrt und hier die Eier ablegt.



Fig. 444. Pulex irritans (aus Blanchard).

X. Ordnung. Lepidopteren, Schmetterlinge.

Unter sämmtlichen Insecten ist die Ordnung der *Lepidopteren* oder Schmetterlinge am schärfsten umschrieben. Die Flügel, welche in beiden Paaren gut entwickelt sind, haben mehr oder minder lebhafte und prächtige Farben, indem sie mit Schuppen, welche nichts Anderes sind als blattartig umgewandelte Haare, bedeckt sind. Da der Mesothorax entsprechend der grossen Entfaltung der Vorderflügel sehr ansehnlich ist, fügen sich der kleine Pro- und Metathorax ihm an und bilden mit ihm ähnlich wie bei den Hymenopteren einen besonders gegen den Kopf scharf gesonderten Körperabschnitt. Die Mundgliedmaassen (Fig. 409) haben eine höchst eigenthümliche, allerdings bei Phryganiden schon vorbereitete Beschaffenheit, indem die Mandibeln rudimentär sind, die stark verlängerten Maxillen dagegen den einrollbaren Rüssel erzeugen. Kiefer- und Lippentaster sind vorhanden, erstere aber sehr viel kleiner als diese und oft kaum noch zu erkennen. Die Entwicklung ist holometabol; die Larven der Schmetterlinge, die Raupen (Fig. 421), haben kauende Mundgliedmaassen, be-

sonders kräftige Mandibeln, 2—5 Paar Pedes spurii, endlich im Innern die Sericterien, ein Paar Drüsen, die gemeinsam an der Unterlippe münden und ein zu Seidenfäden erhärtendes Secret liefern. Aus einem einzigen Seidenfaden weben sich viele Schmetterlingsraupen (so die industriell verwendbaren Seidenspinner) einen Coccon, innerhalb dessen sie sich zu einer gedeckten Puppe verwandeln. Will man den Coccon zur Seidengewinnung benutzen, so müssen die Puppen durch Hitze getödtet werden, damit der Schmetterling nicht beim Ausschlüpfen den Coccon durchbohrt und dadurch den Zusammenhang des Seidenfadens zerstört.

I. Unterordnung. *Microlepidopteren,* Motten. Kleine, meist unscheinbare Schmetterlinge, welche beim Sitzen die Flügel horizontal zusammenschlagen, die vorderen über die hinteren; Maxillartaster auffallend gross, Rüssel klein. *Tineiden,* Schaben; die Raupen bauen sich aus ihrem Futtermaterial eine Röhre, welche sie mit sich herumtragen. *Tinea pellionella* L., Kleider- oder Pelzmotte; *Tortriciden,* Wickler; die Raupen wickeln Blätter zu einer Röhre zusammen. *Tortrix viridana* L.

II. Unterordnung. *Geometrinen,* Spanner. Schmetterlinge schlank, mit Flügeln, die durch Schnitt und Farbe an die Flügel der Tagschmetterlinge erinnern, aber horizontal zusammengeschlagen werden; weitere Unterschiede sind die kleine Rollzunge und die borstenförmigen Fühler. Raupen mit nur 2, selten 3 Paar Afterfüssen, durch eigenthümliche Fortbewegung ausgezeichnet. *Geometra papilionaria* L.

III. Unterordnung. *Noctuinen,* Eulen. Schmetterlinge von gedrungenem Körperbau mit meist grauen, durch 2 Makeln und zickzackförmige Linien ausgezeichneten Vorderflügeln, welche in der Ruhe die manchmal lebhaft gefärbten Hinterflügel (Ordensbänder: *Catocala fraxini, C. nupta* L. etc.) decken. *Noctua pronuba* L.

IV. Unterordnung. *Bombycinen,* Spinner. Körper plump, wollig behaart, mit meist trübgefärbten, breiten, ab und zu im weiblichen Geschlecht fehlenden Flügeln, Rüssel häufig rudimentär, Fühler lang, gekämmt; Raupen haarig, durch stark entwickeltes Spinnvermögen ausgezeichnet. Technisch verwerthet werden die Coccons von *Bombyx mori* L. (vorwiegend in Europa), *Attacus Polyphemus* (Nordamerika), *Saturnia Cynthia* (Japan und China). Grosse Verheerungen in Wäldern verursachen *Gastropacha pini* L., Kiefernspinner, *Ocneria monacha* L., Nonne, *Cnethocampa processionea* L., Processionsspinner.

V. Unterordnung. *Sphinginen,* Schwärmer. Der dicke, lange Körper trägt lang gestreckte, schlanke Vorderflügel und kürzere Hinterflügel, Rüssel sehr lang, Fühler kurz; Raupen glatt mit Afterhorn. *Sphinx convolvuli* L., Windig, *Acherontia atropos* L., Todtenkopf. Die *Sesien* ahmen Bienen, Wespen und Hornissen nach.

VI. Unterordnung. *Rhopaloceren,* Tagfalter. (Fig. 11, 13.) Körper schlank, Flügel beim Sitzen aufwärts geschlagen, damit die gewöhnlich dunkeln Unterseiten die bunt gefärbten Oberseiten verdecken; Rüssel gut entwickelt, Fühler mit keulenförmigen Enden, Raupen meist dornig, Puppen mit nur einem Faden aufgehängt. *Vanessa Urticae* L., Fuchs, *Pieris brassicae* L., Kohlweissling, *Doritis Apollo* L.

V. Classe.

Arachnoideen, Spinnenthiere.

Körpergliederung.

Unter dem Namen Arachnoideen fasst man eine Anzahl grösserer und kleinerer Ordnungen zusammen, die sich um die Hauptabtheilung der Weberspinnen oder *Araneen* herum gruppiren. Diese zeigen die Merkmale der Classe am schönsten entwickelt, während bei anderen Ordnungen, so namentlich den *Solpugen* das Charakteristische erst in Entwicklung begriffen ist, bei dritten Formen wie den *Milben* und *Zungenwürmern* dagegen sich schon wieder verwischt hat. Bei der allgemeinen Besprechung werden wir uns daher an die *Araneen* und verwandte Formen zu halten haben. (Fig. 445.)



Fig. 445. Epeira diadema (nach Taschenberg). *a* das Thier, *b* die Augen vergrössert.

Der Spinnenkörper ist durch eine deutliche, häufig sogar tief eingeschnittene Kerbe in den vorderen Cephalothorax und das hintere Abdomen abgetheilt. Da das Abdomen niemals unzweifelhafte Extremitäten trägt, kann die Zahl seiner Segmente nur dann, wenn die Grenzen noch erhalten sind, sicher bestimmt werden. In diesen Fällen, die im Allgemeinen selten sind, schwankt die Zahl zwischen 6 bei den *Phalangien* und 13 bei den echten Scorpionen.

Extremitäten.

Der Cephalothorax ist ein zusammenhängendes Stück, das mindestens aus 6 Segmenten besteht, da es 6 Paar Extremitäten besitzt. 4 Paar Extremitäten werden zur Fortbewegung verwandt; sie sind sehr lang und aus 6 Gliedern zusammengesetzt, von denen das letzte 2 Klauen trägt. Wie für die Insecten die Sechszahl der Beine, so ist für die Arachnoideen die Achtzahl charakteristisch. — Vor den Beinen liegen 2 weitere Extremitätenpaare in der Umgebung des Mundes (Fig. 446): 1. die Kieferfühler (Cheliceren) und 2. die Kiefertaster (Pedipalpen). Die Kiefertaster sind lang gestreckt und beinähnlich; ihr Basalglied (*l*) ist zum Kauen umgewandelt, die übrigen 6 Glieder bilden den Palpus (*p*), der entweder ein Klauen- oder ein Scheerentaster ist. Beim Klauentaster ist das letzte Glied eine scharfe, einschlagbare Klaue; beim Scheerentaster ist es die bewegliche (im Gegensatz zu dem Flusskrebs äussere) Branche der Scheere, während die innere unbewegliche Branche durch einen Fortsatz des vorletzten Gliedes geliefert wird (Fig. 353). — Der kurze Kieferfühler besteht nur aus 2 Theilen, der Basis und der einschlagbaren Endklaue (Klauenfühler); bei manchen Arten wird er zum Scheerenfühler, wenn die Basis zu einer feststehenden Scheerenbranche auswächst. Die Endklaue der Kieferfühler wird beim

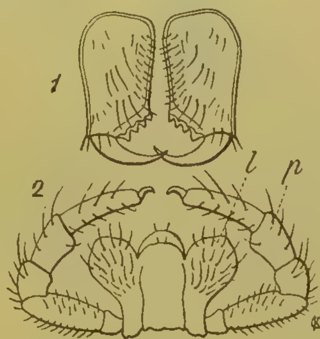


Fig. 446. Mundgliedmaassen von Epeira diadema. *1* Kieferfühler, *2* Kiefertaster, *l* Kaulade, *p* Palpus.

Angriff dem Gegner in den Körper eingeschlagen und verursacht eine gefährliche Wunde, da in dem Klauenglied eine ansehnliche Giftdrüse mündet.

In der morphologischen Beurtheilung der Cheliceren gehen die Anschauungen der Zoologen auseinander, ob sie den Antennen oder den Mandibeln der Insecten und Myriapoden vergleichbar sind, mit anderen Worten, ob die Antenne gänzlich verloren gegangen ist oder ob sie als Chelicere nur eine vom Gewöhnlichen abweichende Function und Gestalt angenommen hat. Für die letztere Ansicht spricht, dass die Chelicere praeoral liegt, vom oberen Schlundganglion innervirt wird und dass entwicklungsgeschichtlich sich weder eine Antenne noch ein Antennensegment anlegt. Dagegen hat man wieder geltend gemacht, dass der Abschnitt des oberen Schlundganglions, welcher den Nerven an die Chelicere abgiebt, selbständig hinter dem Mund entsteht und somit dem Bauchmark angehört, um erst später mit dem Hirn zu verschmelzen.

Darm.

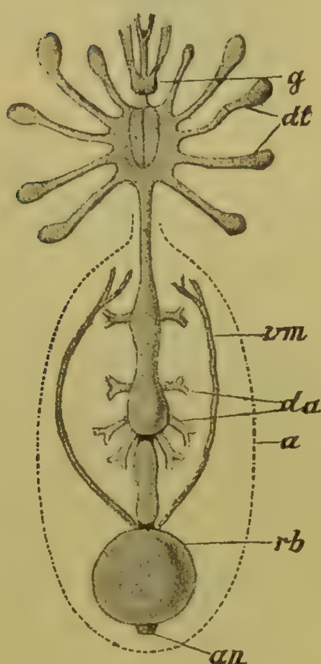


Fig. 447. Darm von Cteniza caementaria (aus Lang nach Dugès). *g* Gehirn, *dt* Darmblindsäcke, *da* Lebergänge, *rb* Rectalblase mit Vasa Malpighi (*vm*), *an* After, *a* Abdomen.

Der Darm der Arachnoideen (Fig. 447) zeichnet sich vor Allem dadurch aus, dass auf den Oesophagus ein Magen folgt, der bei den meisten Arten mit 4—5 Paar nach den Extremitäten gewandten oder in dieselben sogar eindringenden Blindsäcken (*dt*) ausgerüstet ist. Der Dünndarm nimmt die Ausführgänge (*da*) einer sehr ansehnlichen, das Abdomen füllenden Leber auf. Der Enddarm steht mit 2 Vasa Malpighi (*vm*) in Verbindung und ist häufig in einiger Entfernung vom After blasenartig (*rb*) erweitert.

Nervensystem.

Der Oesophagus ist stets von einem sehr engen Schlundring umfasst, der dorsal aus dem Hirn besteht, ventral aus einer grossen Ganglienmasse, in welcher mindestens alle Ganglienpaare des Cephalothorax, meist auch die des Abdomens enthalten sind (Fig. 356 D). Nur bei gutgegliederten Thieren, wie den Scorpionen, können sich die Ganglien des Abdomens in grösserer Zahl getrennt erhalten.

Sinnesorgane.

Von den Sinnesorganen sind ausser den Tasthaaren nur noch die Augen gut bekannt, 2—12 mit grosser Linse, zelligem Glaskörper und einer ansehnlichen Retina ausgerüstete Stemmata (Fig. 357). Die grosse Zahl der Stäbchen in der Retina macht es wahrscheinlich, dass die Augen sehr gut functioniren und bessere Bilder entwerfen als die Facettenaugen mancher Cruster und Insecten. Auch das Gehör scheint gut entwickelt zu sein; wenigstens ist es bekannt, dass man Spinnen abrichten kann, auf bestimmte Melodien hin ihre Schlupfwinkel zu verlassen. Ob aber gewisse mit Nerven in Verbindung stehende Haare, die an verschiedenen Stellen der Taster und der Beine stehen, Sitz der Tonempfindung sind, wie man vermuthet hat, muss zweifelhaft erscheinen.

Respirationsorgane.

Die Respirationsorgane zeigen eine auffallende Lage und geringe Zahl der Stigmen; man findet sie ventral im vorderen Abschnitt des Abdomens, höchstens 4 Paar, häufig sogar nur 2 Paar. Man unter-

scheidet ausser den schon besprochenen Tracheenbüscheln, wie sie sonst bei Tracheaten vorkommen (Fig. 448), noch die für die Arachnoideen eigenthümlichen Fächertracheen oder Tracheenlungen. Eine Tracheenlunge (Fig. 449) sitzt dem weiten Spalt des Stigma als ein rundlicher Körper auf und besteht aus zahlreichen Blättern, welche am Stigma zusammengehalten werden wie die Blätter eines Buches am Rücken des Einbandes. Jedes Blatt enthält einen von Chitin ausgekleideten, spaltförmigen Luftraum und lässt sich somit als eine platt ausgewalzte Tracheenröhre auffassen, so dass es leicht ist, die Tracheenlunge auf ein gewöhnliches Tracheenbüschel zurückzuführen.

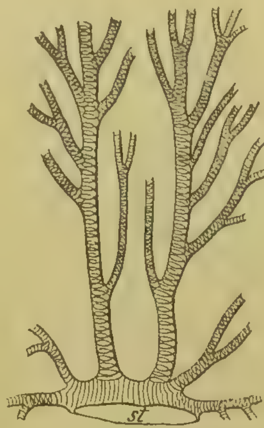


Fig. 448. Anfänge des linken u. rechten Tracheenbüschels von Anyphaena accentuata mit unpaarem Stigma (*st*) (nach Bertkau).

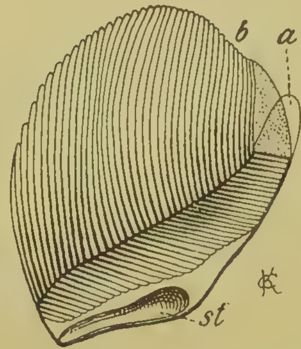


Fig. 449. Lunge von Zilla calophyla, *st* Stigma, *b* Blätter der Lunge, *a* das zuletzt gebildete Blatt (nach Bertkau).

Wir kennen nun Arachnoideen, welche nur Tracheenbüschel, und andere, welche nur Tracheenlungen haben, dazu endlich Formen, bei denen Tracheenlungen und Tracheenbüschel nebeneinander vorkommen. Dieses Vicariiren von Tracheenbüscheln und Tracheenlungen ist ein weiteres Zeichen, dass beides dieselben morphologischen Gebilde sind; es ist ferner für die Beschaffenheit der Circulationsorgane wichtig. Je mehr die Athmung durch Umbildung der Tracheenbüschel zu Lungen auf engbegrenzte Partien des Abdomens localisirt wird, um so vollkommener ist das System von Blutgefässen, welches sich zum Herzen gesellt, am vollständigsten bei den ausschliesslich durch Lungen athmenden *Scorpionen.* — Das im Abdomen liegende Herz empfängt durch seitliche Spaltöffnungen das Blut aus der Leibeshöhle und giebt es durch eine hintere und vordere verästelte Hauptarterie an den Körper ab. Bei kleineren Formen, wie vielen Milben und sämmtlichen Tardigraden, oder bei Parasiten, wie den Linguatuliden, fehlt das Gefässsystem gänzlich; ebenso pflegt dann auch die Tracheenathmung durch Hautathmung ersetzt zu sein.

In Kürze sei hier einer Auffassung gedacht, welche in der Neuzeit immer mehr Vertreter gewinnt: es sollen die Tracheenlungen der *Arachnoideen* nicht den Tracheen der *Insecten* entsprechen, sondern den Kiemenblättern des *Limulus,* welche durch Einstülpung in das Innere des Körpers verlagert worden seien. Die Tracheenbüschel der Spinnen seien durch Modification der Tracheenlungen entstanden und hätten daher mit den Tracheen der *Insecten* nichts zu thun. Ueberhaupt sollen die *Arachnoideen* mit den *Insecten* in keiner näheren Verwandtschaft stehen, sondern unabhängig von ihnen aus *Xiphosuren*-ähnlichen Urformen entstanden sein. Zu Gunsten der letzteren Annahme wird noch geltend gemacht: 1. die schon erörterte Gleichartigkeit der Extremitäten, 2. das Vorkommen sogenannter Coxaldrüsen bei *Xiphosuren* und *Arachnoideen.* Letztere Organe verlieren jedoch dadurch wesentlich an systematischer Beweiskraft, dass sie wie die Schalen-

und Antennendrüsen der Crustaceen und die Segmentalorgane des Peripatus auf eine gemeinsame Grundform, die Segmentalorgane der Anneliden, zurückführbar sind.

Geschlechtsorgane. Die Geschlechtsorgane der nur ausnahmsweise hermaphroditen Arachnoideen sind sehr verschiedenartig, haben aber folgende Grundzüge gemein: paarige, im Abdomen eingeschlossene Geschlechtsdrüsen geben nach vorn paarige Ausführgänge ab, die sich an der Basis des Abdomens zu einer unpaaren Mündung vereinen. Wenn die Geschlechtsdrüsen an ihrem hinteren Ende verschmelzen, so wird der ganze Geschlechtsapparat zu einem Ring geschlossen.

Die Arachnoideen sind eierlegend, selten lebendig gebärend (*Scorpione* und manche *Milben*); sie sorgen vielfach für ihre Eier und vertheidigen sie gegen Angriffe. Die *Scorpione* dehnen diese Fürsorge sogar auf die ausgekrochenen Jungen aus, welche die Mutter auf ihrem Körper mit sich herumträgt. Selten, und auch dann nur bei den weniger charakteristischen Formen der Classe, wie den *Linguatuliden* und *Acarinen*, findet sich eine Art Metamorphose; dieselbe beschränkt sich darauf, dass zunächst nur 2 oder 3 Extremitäten angelegt werden und dass die fehlenden erst später nachwachsen.

Systematik. Nach der Beschaffenheit der Extremitäten und der Respirationsorgane, sowie nach der Gliederung des Körpers unterscheidet man 9 Ordnungen. Es ist zweckmässig und erleichtert die Uebersicht, diese 9 Ordnungen auf die 2 Unterclassen der *Arthrogastres* und *Sphaerogastres* zu vertheilen, je nachdem die Segmente des Abdomens noch gegen einander abgegrenzt oder zu einem weichhäutigen Sack verschmolzen sind.

I. Unterclasse.

Arthrogastres, Gliederspinnen.

I. Ordnung. Solpugen, Walzenspinnen.



Fig. 450. Solpuga (Galeodes) araneoïdes (aus Schmarda). *1* Kieferfühler, *2* Kiefertaster, *3* tasterartiges erstes Bein, *4—6* Beine.

Den Solpugen fehlt noch der Cephalothorax, da nur die 3 ersten Segmente verschmolzen sind, die 3 folgenden Thoraxsegmente dagegen sich getrennt erhalten. Die in dieser Körpergliederung zu Tage tretende Aehnlichkeit mit Insecten wird noch weiter dadurch gesteigert, dass nur die 3 thoracalen Extremitäten (Fig. 450, *4—6*) Klauen tragen und zum Laufen dienen, während das erste Paar Spinnenbeine (*3*) den Kiefertastern (*2*) ähnlich ist und zum Tasten verwandt wird. Die Cheliceren (*1*) sind kräftige, weit über den Kopf hinaus ragende Scheerenfühler. Die Thiere athmen mit 3 Paar Tracheenbüscheln, von denen das erste ausnahmsweise am Thorax mündet.

Wie der Name sagt, sind die Solpugen (Solifugen) nächtliche Thiere, welche Tags über in ihren im Sand gebauten Nestern

leben und nach Sonnenuntergang auf Raub herumschweifen. Sie bewohnen die Steppen namentlich Südrusslands und besitzen daher das schmutzig gelbe Colorit des Sandes. Lange Haare geben ihnen ein widriges Aussehen; ihr giftiger Biss macht sie bei den Eingeborenen gefürchtet. *Galeodes araneoides* Pall., Südrussland (Fig. 450).

II. Ordnung. Phrynoideen, Pedipalpen, Geisselspinnen.

Die Phrynoideen haben in der Ausbildung der typischen Arachnoideenmerkmale im Vergleich zu den Solpugen einen Fortschritt erzielt, indem alle 6 vorderen Segmente zum Cephalothorax verschmolzen sind; sie gleichen aber noch den Solpugen und unterscheiden sich von den übrigen Arachnoideen, indem nur die 3 hintersten Extremitätenpaare (*4—6*) zur Fortbewegung dienen, das dritte Paar der Reihe (*3*) dagegen noch nicht. Dasselbe trägt einen langen, geringelten Anhang, die für die Ordnung charakteristische Geissel. An die Scorpione erinnern die Phrynoideen durch die kräftige Ausbildung der zum Ergreifen der Beute dienenden Kiefertaster (*2*), nur dass dieselben ebenso wie die Kieferfühler (*1*) nicht mit Scheeren, sondern mit Klauen enden. Zur Athmung dienen 2 Paar Lungen.



Fig. 451. Phrynus reniformis (nach Schmarda).

Die Phrynoideen finden sich nur in den Tropen, vertreten durch die gleich giftigen Gattungen *Phrynus* und *Telyphonus*, von denen *Telyphonus* leicht daran zu erkennen ist, dass vom Abdomen sich ein besonderes kurzes Postabdomen abgesondert hat, welches in einen langen Faden ausläuft. *Phrynus reniformis* Pall. (Fig. 451).

III. Ordnung. Scorpionideen, Scorpione.

Die Scorpione (Fig. 353) haben eine grosse äusserliche Aehnlichkeit mit dem Flusskrebs und wurden auch lange irrthümlich für Verwandte desselben gehalten, weil sie wie dieser mit 4 Beinpaaren (*3—6*) sich fortbewegen und davor zum Ergreifen der Beute kräftige Scheeren (*2*) tragen, welche den Kiefertastern der übrigen Arachnoideen entsprechen; scheerenförmig sind auch die kleinen Kieferfühler (*1*). Was nun den Scorpionen eine besondere Ausnahmestellung unter den Arachnoideen verleiht, ist die eigenthümliche Beschaffenheit des Abdomens. An demselben kann man 7 breitere, vordere, dem Cephalothorax dicht angefügte Segmente (Fig. 353 A) und 6 hintere, schmälere, den Schwanz oder das Postabdomen (*P*) unterscheiden. Das letzte Segment des Postabdomens ist ventralwärts in einen spitzen Haken (*st*) umgebogen und enthält eine grosse Giftdrüse; es ist der Giftstachel, welcher selbst bei kleineren Arten dem Menschen äusserst schmerzhafte Wunden beibringen und ihm bei den grossen tropischen Arten möglicherweise sogar todbringend werden kann. Für gewöhnlich ernähren sich

die Scorpione von Insecten; sie fassen dieselben mit den Scheeren, halten sie über den Kopf und stossen die Spitze des über den Rücken eingekrümmten Postabdomens in ihr Opfer; dabei visiren sie mit 2 grossen, weit vorn und dicht neben einander stehenden Punktaugen, neben denen noch einige kleinere, seitliche Augen angebracht sind. — Auf der Bauchseite der Scorpione liegt ein Paar Anhänge (Fig. 452 a), die möglicherweise Reste abdominaler Gliedmaassen sind; da sie einen Stab mit einseitig ansitzenden Zinken bilden, nennt man sie Kämme und vermuthet in ihnen wegen der Nähe der Geschlechtsmündung (*c*) und wegen ihres Reichthums an Nerven Reizorgane bei der Begattung. Dicht dahinter folgen 4 Paar grosse Stigmen (*b*). Da die Scorpione nur durch Tracheenlungen athmen, ist ihr langgestrecktes, mit vielen Ostien versehenes Herz mit einem complicirten Blutgefässapparat verbunden. Am Darm fehlen die Blindsäcke, dagegen ist die Leber sehr gut ausgebildet. Für das Nervensystem ist die grosse Zahl abdominaler Ganglien charakteristisch, welche sich vom einheitlichen Ganglion des Cephalothorax getrennt erhalten.

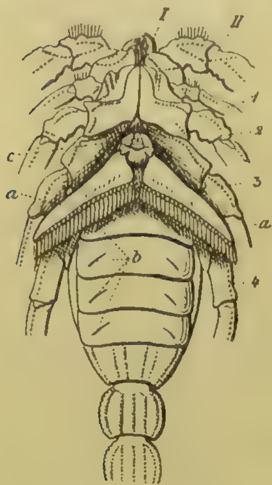


Fig. 452. Buthus occitanus von unten gesehen; von den Extremitäten und dem Postabdomen nur der Anfang dargestellt. I Kieferfühler, II Kiefertaster, *1—4* Beine, *a* Kämme, *b* Lungenstigmen, *c* Geschlechtsöffnung.

In Europa (Süddeutschland und Italien) findet sich der *Scorpio europaeus* Latr.; in heissen Gegenden, namentlich den Tropen, leben die bis zu 10 cm langen Arten der Gattungen *Androctonus* und *Buthus*: *A. australis* L. in Afrika, *B. occitanus* Am. in den Mittelmeerländern.

IV. Ordnung Pseudoscorpionideen, Afterscorpione.

Die kleinen Afterscorpione (Fig. 453) gleichen den echten Scorpionen in ganz auffälliger Weise, da sie wie diese Scheerenfühler (*1*) und vor Allem sehr grosse Scheerentaster (*2*) haben; auch ist das geringelte Abdomen dem Cephalothorax breit angewachsen. Dagegen fehlt das Postabdomen und mit ihm der Giftstachel vollkommen; auch athmen die Thiere durch Tracheen anstatt durch Lungen.

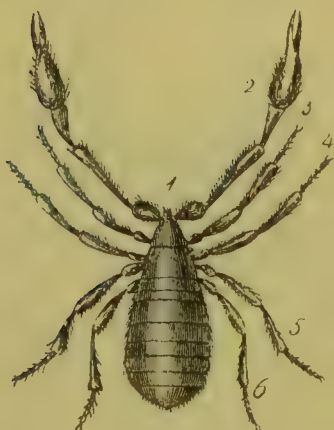


Fig. 453. Chelifer Bravaisi. *1* Kieferfühler, *2* Kiefertaster, *3—6* Beine (aus Schmarda).

Der deutsche Name Bücherscorpione bezieht sich darauf, dass man die höchstens 2 mm langen Thiere mit Vorliebe in alten, eingestäubten Büchern oder auch in Herbarien findet. Dem Aufenthaltsort ist Gestalt und Bewegung vortrefflich angepasst; die Thiere sind dorsoventral abgeplattet und laufen nach Art der Krabben mit grosser Behendigkeit in seitlicher Richtung nach links und rechts. Sie machen dabei Jagd auf die den Büchern und Herbarien so schädlichen Milben und sind somit selbst nützliche Thiere. *Chelifer cancroides* L.

V. Ordnung. Phalangioideen, Afterspinnen.

Bei den Afterspinnen ist das Abdomen weniger deutlich als bei den bisher betrachteten Formen gegliedert und auch vom Cephalothorax, an dem es breit angewachsen ist, nicht scharf abgesetzt. Der kleine Körper wird von 4 auffallend langen Beinen getragen. Die zweiten Extremitäten sind Taster wie bei den echten Spinnen, die ersten Extremitäten sind in lange hornartige Fortsätze ausgezogen. Die Männchen besitzen einen auffallend langen Penis, die Weibchen eine lange Legeröhre. Die Thiere unterscheiden sich von den ächten Spinnen besonders dadurch, dass sie durch Tracheen athmen und keine Spinnwarzen besitzen.

Am bekanntesten sind die Weberknechte, nächtliche Thiere, deren lange Beine lange Zeit über noch zuckende Bewegungen ausführen, nachdem sie vom Körper abgetrennt worden sind. *Phalangium opilio* L.

II. Unterclasse.

Sphaerogastres, Rundspinnen.

VI. Ordnung. Araneen, Weberspinnen.

In keiner Abtheilung der Arachnoideen ist die Sonderung des Körpers in Cephalothorax und Abdomen so deutlich wie bei den Weberspinnen, da beide Abschnitte weichhäutige, ungegliederte, von einander durch eine tiefe Kerbe getrennte Stücke sind (Fig. 445). Die 4 hinteren Extremitätenpaare dienen zur Fortbewegung, zu raschem Sprung oder zu gewandtem Lauf; nur das letzte Beinpaar hat dabei noch die Nebenfunction des Spinnens. Seine 2 Klauen sind mit Kammzinken versehen, welche aus zahlreichen Seidenfäden einen stärkeren Faden zusammendrehen. Um diese Klauen nicht abzunutzen, haben Spinnen mit besonders gutem Webevermögen Hilfsklauen, auf denen die Hinterbeine während des Laufens aufliegen. — Von den beiden Mundextremitäten (Fig. 446) trägt der Kieferfühler eine spitze Klaue, welche, ausgerüstet mit dem Ausführgang einer Giftdrüse, die Spinnen in den berechtigten Ruf der Giftigkeit gebracht hat, wenn auch nur wenige, wie die Taranteln und die Vogelspinnen, dem Menschen unbequem oder schädlich werden können. Die Kiefertaster dienen zum Betasten und Zerkleinern der Speise; letzteres geschieht mit dem Basalglied.

Beim Männchen ist das Endglied des Tasters angeschwollen, indem es einen birnförmigen Behälter trägt, an welchem man es leicht vom Weibchen unterscheiden kann. Bevor das Männchen sich dem Weibchen zur Begattung nähert, wird der Behälter an der am Abdomen befindlichen Geschlechtsöffnung mit Spermatozoen gefüllt. Ist der Inhalt von Sperma in die gleichgelagerte Geschlechtsöffnung des Weibchens entleert, so zieht das Männchen sich schleunigst zurück, da es sonst befürchten muss, vom stärkeren Weibchen getödtet zu werden.

Am hinteren Ende des Abdomens kurz vor dem After liegen die systematisch wichtigen Spinnwarzen der Araneen, in denen man vielleicht rudimentäre Bauchextremitäten zu erblicken hat, da sie paarig angeordnete und meistens auch gegliederte Stummeln sind (Fig. 454). Sie enden

schräg abgestutzt mit dem Spinnfeld, auf dem sich zahlreiche, an Haare erinnernde Spinnröhrchen erheben. Aus jedem Spinnröhrchen ragt eine kurze Spinnspule hervor, das modificirte Ende vom Ausführgang einer Spinndrüse. Man unterscheidet verschiedene Arten von Spinndrüsen, die je nach der Bestimmung des Fadens in Thätigkeit gesetzt werden. Die Zahl der Spinnwarzen wechselt zwischen 2 und 3 Paar; dazu kommt noch das Cribrellum, ein vor den Warzen gelegenes Feld, auf dem ebenfalls Spinndrüsen münden, so dass dem Abdomen einer Spinne im Ganzen über Hundert, bei *Epeiren* sogar mehrere Hundert von Drüsen zukommen.

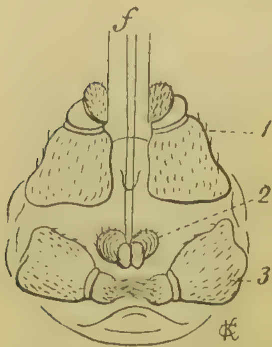


Fig. 454. Spinnapparat von Epeira diadema (nach Warbarton). *1* vordere, *2* mittlere, *3* hintere Spinnwarzen, *f* Fäden.

Die einzelnen aus den Spinnspulen heraustretenden und an der Luft erhärtenden Secretfäden werden von den Webeklauen der Hinterbeine zu einem einzigen Faden verarbeitet; je nach Bedürfniss kann die Spinne denselben stärker oder feiner machen, indem sie eine grössere oder geringere Zahl Spinndrüsen in Thätigkeit setzt. Aber auch der stärkste Spinnfaden ist trotz seiner complicirten Structur noch feiner als der einheitliche Faden eines Seidenspinners, weshalb er demselben bei der Verfertigung des Fadenkreuzes im astronomischen Fernrohr vorgezogen wird.

Die Spinnenfäden dienen sehr mannichfachen Zwecken: zum Austapezieren des Nestes, zum Einhüllen der Eier in Coccons und vielfach auch zu Gespinnsten, in denen Insecten aufgehalten werden sollen, damit sie die Spinne tödten und dann weiter noch fest umspinnen kann. Auch beim Abstürzen verhütet die Spinne die Gefahr des Falles, indem sie sich rasch mit einem Faden verankert, den sie so weit verlängert, bis sie am Boden ankömmt. Da nun die Spinnfäden aus Seide bestehen und den Seidenfäden der Seidenraupen an Feinheit und Festigkeit überlegen sind, lag es nahe, an ihre technische Verwerthbarkeit zu denken. Leider erzeugt die Spinne im gewöhnlichen Leben nur kurze Fäden, nicht die viele Meter langen Stücke, aus denen der unverletzte Coccon von Bombyx mori besteht.

Der Charakteristik der Spinnen sind nur noch wenige Punkte nachzutragen: der Darm (Fig. 447) hat 5 Paar im Cephalothorax liegender Blindsäcke und eine gemeinsam mit dem Geschlechtsapparat das Abdomen füllende Leber; in den blasenartig aufgetriebenen Enddarm münden 2 Vasa Malpighi. Das Nervensystem besteht aus dem Hirn und einer grossen Ganglienmasse des Cephalothorax, zu dem nur noch ein kleines Bauchganglion kommt. Systematisch wichtig sind durch ihre Anordnung die 6—8 Punktaugen, die in 2—3 Querreihen nahe bei einander auf dem Cephalothorax (Fig. 445) stehen. Als Respirationsorgane endlich dienen 1—2 Paar Lungensäcke (Fig. 449). Wo nur 1 Paar Lungensäcke wie bei den meisten Spinnen vorhanden ist, ist das zweite fehlende durch verästelte Tracheenbüschel ersetzt, welche entweder durch ein unpaares oder durch ein paariges Stigma gewöhnlich weit hinten am Abdomen münden (Fig. 448). Je nachdem die zweiten Athmungsorgane Lungen oder verästelte Tracheen sind, erreicht das Blutgefässsystem eine grössere oder geringere Ausbildung.

I. Unterordnung. *Tetrapneumones.* Spinnen mit 4 Lungen, 4 Spinnwarzen und 8 in 2 Reihen hinter einander gestellten Augen.

Die *Mygaliden* oder *Vogelspinnen* bilden die wichtigste Familie der Tetrapneumones, die ihren deutschen Namen von der Lebensweise der

Mygale avicularia L. hat. Die mit Ausschluss der Beine 4—5 cm lange dichtbehaarte Spinne wohnt in Wäldern des tropischen Südamerika und tapeziert sich Erdlöcher oder andere Schlupfwinkel mit dichtem Gespinnst zu einem Nest aus. Sie schleicht sich an andere Thiere heran, überfällt sie im Sprung und kann auf diese Weise selbst Wirbelthiere, wie kleine Vögel und Mäuse, tödten, die sie dann verzehrt. In Südeuropa ist die Familie durch die kleinere und nur den Insecten gefährliche Minirspinne, *Cteniza caementaria* Latr. (Fig. 417) vertreten. Sie treibt in Mauern horizontale,



Fig. 455. Cteniza caementaria in ihrer Röhre den Deckel zuziehend. *a* Augen stärker vergrössert, *b* Deckel von innen mit den Griffpunkten für die Klauen, *c* eingesammelte Nahrung.

röhrige Stollen und schliesst die kunstvolle, kreisförmige Oeffnung mit einem Deckel von Seidengespinnst, der genau auf die Oeffnung passt und auf seiner äusseren Seite, um den Schlupfwinkel unkenntlich zu machen, mit dem Material der Maueroberfläche bedeckt ist. Der Deckel ist mittelst Seidenfäden am oberen Rand des Lochs befestigt und fällt daher zum Schliessen herab; er wird bei drohender Gefahr von der Spinne noch weiter von innen fest angepresst, indem sie mit den Vorderklauen in kleine Henkel des Gespinnstes greift und fest anzieht.

II. Unterordnung. *Dipneumones.* 1 Paar Lungen, neben denen noch Tracheen bestehen können, 6 Spinnwarzen. — Hierher gehören alle unsere einheimischen Spinnen und zahlreiche tropische Formen. Zum Theil haben dieselben noch die Lebensweise der *Mygaliden* und benutzen ihre Webefertigkeit nur zum Einspinnen der Eier in Eiersäckchen, welche am eigenen Körper oder an sicheren Orten untergebracht werden, und zur behaglichen Auskleidung der Schlupfwinkel, während sie die Beute durch raschen Lauf erreichen oder katzenartig beschleichen und im Sprung erbeuten. Zum anderen Theil bauen sie aus den Seidenfäden noch weitere mehr oder minder kunstfertige Netze zum Einfangen fliegender Insecten. Man kann auf Grund dieser Unterschiede in der Lebensweise mit um so grösserem Recht 2 Gruppen, *Vagabunden* und *Sedentarien*, unterscheiden, als in beiden Gruppen auch eine verschiedene Augenstellung herrscht.

Zu den *Vagabunden* gehören die *Saltigraden*, welche ihr Opfer im Sprung erreichen: *Attus falcatus* Cl. und die *Citigraden* oder Laufspinnen, welche wie die *Lycosiden* oder Wolfspinnen ihre Beute durch schnellen Lauf einholen: *Tarantula Apuliae* L. die Tarantel, deren Biss eine schmerzhafte Entzündung verursacht. Früher glaubte man irrthümlich, dass der Biss Ursache sei von Tobsuchtsanfällen, zu deren Besänftigung man die „Tarantella“ spielte.

Die *Sedentarien* unterscheiden sich von einander durch die Art ihres Nestbaues. Die *Tubitelen* spinnen eine Röhre und davor ein horizontales Gewebe zum Insectenfang: *Tegeneria domestica* Cl. Hausspinne, *Segestria senoculata* L. Kellerspinne, *Argyroneta aquatica* Cl., Silberspinne genannt, weil sie, im Wasser lebend, mit Hilfe einer silberglänzenden Luftblase athmet,

die sie mit sich am Abdomen herumschleppt. — Die kunstvollsten Gespinnste bilden die *Orbitelen*, namentlich die Kreuzspinnen, *Epeiriden: Epeira diadema* Cl., welche ihren deutschen Namen der Zeichnung des Abdomens verdankt, einer weissen, undeutlich kreuzförmigen Figur auf dunklem Grund.

VII. Ordnung. Acarinen, Milben.

An die Araneen haben wir drei Ordnungen, die *Acarinen, Linguatuliden* und *Tardigraden* anzuschliessen, deren Bau zum Theil durch Parasitismus, zum Theil durch anderweitige Lebensverhältnisse so sehr abgeändert worden ist, dass man am ausgebildeten Thiere die Merkmale der Classe nur mühsam oder sogar überhaupt nicht herausfinden kann. Für das Verständniss dieser aberranten und degenerirten Arachnoideen liefern uns die *Milben* oder *Acarinen* den Schlüssel. Dieselben (Fig. 354) haben durch Verschmelzung von Abdomen und Cephalothorax die letzte Andeutung von Gliederung verloren. Gleichwohl ist ihre nahe Verwandtschaft mit den Spinnen unzweifelhaft; vor Allem wird sie bewiesen durch die Anwesenheit von sechs Extremitätenpaaren, vier Paar Beinen, durch welche sich parasitische Milben sofort von parasitischen sechsbeinigen Insecten unterscheiden, und zwei Paar Mundgliedmaassen, welche gemeinsam einen allen Milben zukommenden, zum Saugen von Thier- und Pflanzensäften dienenden Stechrüssel bilden. Die Scheide des Stechrüssels besteht aus den basalen Gliedern der Kiefertaster, welche sich rinnenartig einbiegen und zu einer Röhre zusammenlegen, während die übrigen Glieder den frei hervorstehenden Palpus darstellen; in der Röhre sind die Kieferfühler als feine, oft mit Widerhaken versehene Stilets eingeschlossen.

Da die Milben sehr klein sind und vielfach auch eine halb parasitische oder ganz parasitische Lebensweise führen, ist ihr innerer Bau vereinfacht; häufig fehlen Herz und Athmungsorgane gänzlich; am Darm finden sich zwar Magenblindsäcke und Malpighi'sche Gefässe, dagegen keine Leber. — Aus der Entwicklungsgeschichte der Milben verdient besondere Beachtung, dass den aus dem Ei schlüpfenden jungen Thieren das letzte Beinpaar noch fehlt; sie ähneln dadurch gewissen parasitischen Insecten, deren Körper ebenfalls undeutlich gegliedert ist, wie den Läusen; man muss sich daher hüten, Milbenlarven mit Insecten zu verwechseln.

Im ausgebildeten Zustand freilebend sind die meist lebhaft roth gefärbten Laufmilben, *Trombididen* (*Trombidium holosericeum* L.) und die Wassermilben, *Hydrachniden* (*Hydrachna cruenta* Müll.). Die dreibeinigen Larven dieser Thiere aber sind Schmarotzer; die Larven der Trombididen, als *Leptus autumnalis* bekannt, befallen auch den Menschen und erzeugen namentlich bei Erntearbeitern heftig juckende Ausschläge. — Halb parasitisch sind die *Ixodiden*, Zecken; sie leben gewöhnlich versteckt, *Ixodes ricinus* L. in Wäldern, *Argas persicus* Fisch., ähnlich den Bettwanzen, in Wohnungen. Wenn ihnen Gelegenheit geboten wird, saugen sich die Weibchen in der Haut des Menschen und anderer Säugethiere fest und schwellen durch Blutaufnahme zu Bohnengrösse an, um dann abzufallen. Die viel kleineren Männchen sitzen am Weibchen fest und nehmen keine Nahrung auf. *Argas persicus* soll giftig sein (in Persien und Aegypten). Nahe verwandt ist der in Taubenschlägen wohnende *Argas reflexus*, der auch öfters den Menschen befällt. — Dauernde Parasiten sind folgende Familien:

Die *Gammasiden* leben ähnlich den Läusen, der *Gammasus coleoptratorum* L. auf Käfern, der *Dermanyssus avium* Dag. auf Singvögeln. — Die *Sarcoptiden*, die fast mikroskopisch kleinen Krätzmilben graben Gänge in die Epidermis von Säugethieren und Vögeln: *Sarcoptes scabiei* Latr., 0,3—0,5 mm gross, Ursache der Krätze des Menschen (Fig. 456); nahe verwandt die Käsemilbe *Tyroglyphus siro* Latr. — In degenerirten Talgdrüsen schmarotzen die auffallend lang gestreckten Balgmilben oder *Demodiciden*: *Demodex folliculorum* Henle des Menschen (Fig. 457).

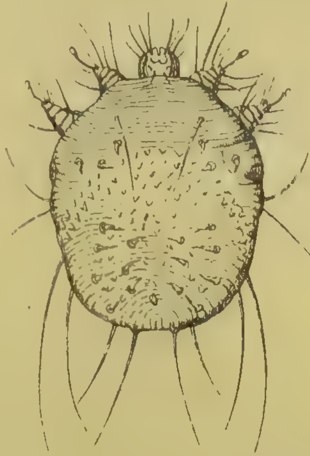


Fig. 456. Sarcoptes scabiei Weibchen (nach Leuckart).



Fig. 457. Demodex folliculorum (nach Leunis-Ludwig).

VIII. Ordnung. Linguatuliden, Zungenwürmer.

Lang gestreckte Acarinen wie der *Demodex folliculorum* leiten uns über zu den *Linguatuliden* oder Zungenwürmern, Parasiten, welche in unserer Gegend als geschlechtsreife Thiere die Stirnhöhle von Carnivoren, namentlich von Fuchs, Hund und Wolf bewohnen, als eingekapselte Jugendformen dagegen in der Leber und Lunge des Hasen, Kaninchens, seltener des Menschen angetroffen werden. Aus den Tropen kennen wir die geschlechtsreifen Linguatuliden auch als Parasiten von Löwe, Tiger, Schlangen etc. Wie ihr deutscher Name erkennen lässt, hat man die mehrere cm langen Thiere früher für Würmer gehalten und in die Nähe der Bandwürmer gestellt, weil einige abgeplattet sind und eine an die Proglottiden echter Bandwürmer erinnernde Ringelung zeigen. (Fig. 108 S. 133), Erst die genauere Anatomie und Entwicklungsgeschichte haben die Verwandtschaft mit den Arachnoideen aufgehellt.

Am vorderen Ende einer geschlechtsreifen Linguatulide findet man die Mundöffnung am Grunde einer Chitinkapsel, welche man früher dem Saugrüssel der Milben verglichen hat; zu Seiten derselben stehen zwei Haken jederseits auf einem complicirten Chitingerüst; man deutet sie als die Klauen des ersten und zweiten Spinnenbeins. Im Innern des Körpers ist eine geräumige Leibeshöhle, welche einen gerade gestreckten Darm ohne Anhänge beherbergt. Um den Anfangsdarm bildet das Nervensystem einen ventral zum Bauchmark verdickten Ring, während das Hirn bei dem gänzlichen Mangel von Sinnesorganen so rudimentär ist, dass es nicht einmal als eine Anschwellung im Schlundring angedeutet ist. Sehr complicirt ist der Geschlechtsapparat, dessen unpaarer Ausführ-ung beim Männchen weit vorn mündet, während er beim Weibchen umbiegt und in vielen mit Eiern prall gefüllten, durch die Körperwand durchschimmernden Windungen zur Genitalöffnung am hinteren Körperende verläuft.

Die an *Linguatuliden* erkrankten Hunde und Wölfe leiden an einem heftigen Katarrh der Nasenhöhle und entleeren mit dem Schleim auch in

Menge die embryonenhaltigen Eier. Werden von Kaninchen, Hasen oder auch von Menschen Pflanzen, die mit dem infectiösen Schleim besudelt sind, verzehrt (Gras, Salat etc.), so schlüpfen die Larven aus, um in Lunge und Leber einzuwandern und sich einzukapseln, bis sie durch Verfüttern wieder in den Körper eines Hundes zurückgelangen. Die Larven (Fig. 458) besitzen am vorderen Ende einen Bohrapparat (*st* u. *y*) und ausserdem 2 Beinpaare (*1* u. *2*), welche wahrscheinlich den hinteren Beinpaaren der Spinnen entsprechen, während der Metamorphose wieder verloren gehen und durch die zwei Haken des ausgebildeten Thieres ersetzt werden.

Fig. 458. Larve von Pentastomum proboscideum. *st* Stilet, *y* hinterer Larvenhaken, *1* u. *2* Beine, *m* Mund *d* Darm, *e* Drüsenzellen (nach Stiles).

Aus der Familie der Linguatuliden interessirt uns am meisten das *Pentastomum taenioides* Rud., welches geschlechtsreif die Sinus frontales von Hundearten, als Larve Leber und Lunge von Nagethieren und von Menschen bewohnt. Weitere Arten sind *Pent. constrictum* v. Sieb. in der Leber von Negern, *Pentastomum moniliforme* Dies. in der Lunge von Schlangen.

IX. Ordnung. Tardigraden, Bärthierchen.

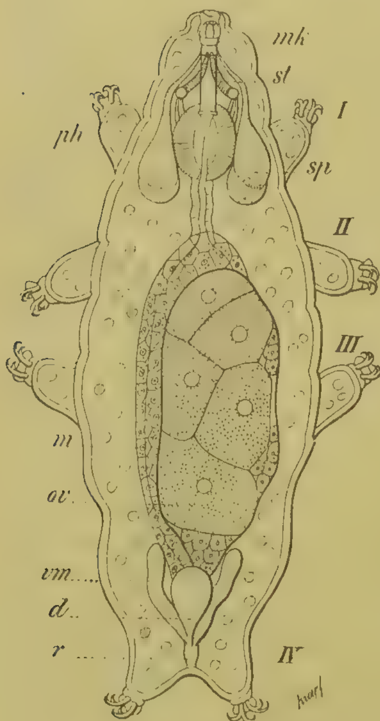


Fig. 459. Macrobiotus Hufelandi (nach Zeichnungen von Greeff und Plate). *I—IV* 4 Beinpaare, *mk* Mundkapsel, *st* Stilets, *ph* Pharynx, *sp* Speicheldrüse, *m* Magen, *r* Enddarm, *ov* Ovar, *d* Anhangsdrüse, *vm* Vasa Malpighi, in der Leibeshöhle Blutzellen.

Im Süsswasser und in feuchter Erde oder Moos findet man zwischen Protozoen und Rotatorien kleine, sackförmige Thiere, welche wegen ihrer langsamen, täppischen Bewegungen Tardigraden oder Bärthierchen genannt wurden. Bei ihren Wanderungen strecken sie (Fig. 459 I—IV) vier Paar mit Krallen bewaffnete Extremitätenstummel aus. Diese acht Beine sind das Einzige, was die Thiere unzweifelhaft mit den Spinnen gemein haben; sonst unterscheiden sie sich durch die Einmündung des Geschlechtsapparats in den Darm, durch das aus vier Ganglienpaaren bestehende Bauchmark und durch den Mangel von Herz und Tracheen. Am vorderen Ende des Darms liegt eine Chitinkapsel und in derselben zwei Stilets; man kann darin vielleicht den in's Innere zurückgezogenen Saugrüssel der *Acarinen* erblicken.

In weiteren Kreisen sind die Tardigraden durch zweierlei bekannt geworden. Da ihre Durchsichtigkeit eine genaue Verfolgung der Nerven bis an die quergestreiften Muskelfäden leicht gestattet, entdeckte Doyère an den günstigen Beobachtungsobjecten die Endigungsweise der Nerven am Muskel,

den Doyère'schen Nervenhügel. Die zweite Eigenthümlichkeit theilen die Tardigraden mit manchen anderen Wasserbewohnern. Wenn das Wasser austrocknet, bleiben die Thiere, geschützt von ihrer festen, das Eintrocknen verhindernden Chitinhaut, am Leben; sie stellen ihre Lebensfunctionen ein und erwachen erst wieder, wenn Wasser aufgegossen wird. Da die Thiere durch Eintrocknen lange am Leben erhalten werden können, heisst eine Art *Macrobiotus Hufelandi* C. Sch., zu Ehren des berühmten Arztes Hufeland, der eine Macrobiotik, eine Anweisung zur Verlängerung des Lebens, geschrieben hat.

Anhang.

Pycnogoniden, Pantopoden.

Wie die Tardigraden unter den Süsswasserthieren, so nehmen in der Meeresfauna die *Pycnogoniden* eine merkwürdige Stellung ein. Die Thiere, im Mittel etwa so gross wie eine Schneiderspinne, haben einen rundlichen Körper, der vorn in einen rüsselförmigen Fortsatz, hinten in einen abdomenartigen Anhang ausgeht und 4 Paar sehr langer Beine trägt. Vor den 4 Beinpaaren findet sich constant eine Art Scheerenfühler; vielfach können aber noch 2 weitere Extremitäten folgen, was dann die für Arachnoideen nicht passende Gesammtzahl 7 ergeben würde. Dagegen würde gut passen, dass vom Darm Blindsäcke ausgehen, welche weit in die Extremitäten hineindringen. Respirationsorgane fehlen, ein Herz ist vorhanden. Bei der systematischen Beurtheilung stehen sich 2 Anschauungen gegenüber; die eine verweist die Pycnogoniden zu den Crustaceen, die andere zu den Arachnoideen. *Pycnogonum littorale* Müll.

Zusammenfassung der Resultate über Arthropoden.

1. Die **Arthropoden** sind Thiere mit deutlicher, innerer und äusserer Gliederung.

2. Die innere Gliederung spricht sich aus im Bau des Nervensystems (Strickleiternervensystem) und des Herzens und in der Anordnung der Segmentalorgane und der Tracheen, sofern solche vorhanden sind.

3. Die äussere Gliederung spricht sich aus in der vermöge der Chitinpanzerung besonders deutlichen Ringelung des Körpers und in der metameren Anordnung der Extremitäten.

4. Von den ebenfalls gegliederten Anneliden unterscheiden sich die Arthropoden durch den Besitz der gegliederten Extremitäten, von denen höchstens ein Paar auf ein Segment kommt, die nach ihrer Function als Antennen, Kiefer, Kieferfüsse, Füsse und Afterfüsse unterschieden werden.

5. Ein weiterer Unterschied ist die nur bei den Myriapoden un-

vollkommen ausgebildete Heteronomie des Körpers, die Sonderung in Kopf, Brust und Hinterleib.

6. Der Kopf (Cephalon) trägt die tastenden und kauenden, die Brust (Thorax) die locomotorischen Extremitäten, der Hinterleib (Abdomen) die Pedes spurii oder er ist extremitätenlos.

7. Durch Verschmelzung von Kopf und Brust entsteht der Cephalothorax, durch Abgliederung der Endsegmente des Hinterleibes das Postabdomen.

8. Die Augen der Arthropoden sind entweder Stemmata oder Facettenaugen.

9. Die Geschlechtsorgane sind nur ausnahmsweise hermaphrodit; die Fortpflanzung erfolgt nur durch Eier, die sich häufig parthenogenetisch oder pädogenetisch entwickeln; die Furchung der Eier ist gewöhnlich eine superficielle.

10. Nach der Athmung theilt man die Arthropoden in die kiemenathmenden Crustaceen und die luftathmenden Tracheaten.

11. Die **Crustaceen** haben ausser der Kiemenathmung noch folgende Merkmale:

1) ihre Extremitäten sind Spaltfüsse oder Modificationen von Spaltfüssen;
2) sie haben zwei Paar Antennen;
3) ihr Chintinskelet ist verkalkt.

12. Man theilt die Crustaceen in niedere, Entomostraken, und höhere, Malakostraken.

13. Die **Entomostraken** haben variable Segmentzahlen, als Excretionsorgan die Schalendrüse, als Larve den Nauplius.

14. Die **Malakostraken** haben 20 Segmente (davon 7 abdominale); die männliche Geschlechtsmündung liegt am 13., die weibliche am 11. Körpersegment; als Excretionsorgan fungirt die Antennendrüse, als Larve selten der Nauplius, meist die Zoëa.

15. Die wichtigsten Ordnungen der Entomostraken sind die spaltfüssigen *Copepoden*, die kiemenfüssigen *Branchiopoden*, die muschelschaligen *Ostracoden*, die festsitzenden, meist hermaphroditen *Cirripedien.*

16. Gruppen von zweifelhafter Stellung sind die *Xiphosuren* und die fossilen *Trilobiten* und *Gigantostraken.*

17. Die **Malakostraken** zerfallen in Edriophthalmen seu Arthrostraken und die Podophthalmen seu Thorakostraken.

18. Die **Edriophthalmen** (*Isopoden* und *Amphipoden*) haben sitzende Facettenaugen und heissen **Arthrostraken,** weil sieben freie Thoraxsegmente vorhanden sind.

19. Die **Podophthalmen** (*Stomatopoden, Schizopoden, Decapoden*) haben gestielte Augen und heissen **Thorakostraken**, weil ein Theil oder sämmtliche Thoraxsegmente mit dem Kopf zum Cephalothorax verschmolzen sind.

20. Die **Tracheaten** athmen durch Tracheen (Luftröhren, die auf der Körperoberfläche mit Stigmen münden), haben ein Paar Antennen und einreihige Extremitäten.

21. Sie zerfallen in Protracheaten, Myriapoden, Insecten und Arachnoideen.

22. Die **Protracheaten** (Peripatus) sind Mittelformen zwischen Anneliden und Tausendfüssen, indem sie undeutlich gegliederte, parapodienartige Extremitäten haben und gleichzeitig mit den Segmentalorganen der Anneliden und mit den Tracheen der Insecten ausgerüstet sind.

23. Die **Myriapoden** haben zahlreiche mit Beinen versehene Segmente (Tausendfüsse), davor einen Kopfabschnitt, an dem ein Paar Antennen und zwei Paar Kiefer sitzen.

24. Von den beiden hierher gehörigen wichtigsten Gruppen sind die *Diplopoden* durch Doppelsegmente, Kürze der Beine und Antennen und durch nach vorn gelagerte Geschlechtsmündung ausgezeichnet.

25. Die *Chilopoden* haben einfache Segmente, lange Beine und Antennen, rückwärts mündende Geschlechtsorgane; dem Kopf dicht angeschlossen liegen zwei Paar Raubfüsse (davon das zweite giftig).

26. Die **Insecten** haben 3 Hauptabschnitte des Körpers: Kopf, Thorax, Abdomen.

27. Das Abdomen hat eine wechselnde Zahl meist gut getrennter Segmente, an denen keine Extremitäten sitzen.

28. Der Thorax besteht aus drei meist gut getrennten Ringen (Pro-, Meso-, Metathorax) und hat daher **drei** Beinpaare **(Hexapoden)**, meist ausserdem 2 Flügelpaare, ein vorderes am Mesothorax, ein hinteres am Metathorax.

29. Der Kopf besteht aus vier verschmolzenen Segmenten, an denen vier Extremitätenpaare sitzen: Antennen, Mandibeln, erste Maxillen, zweite zur Unterlippe (Labium) verschmolzene Maxillen.

30. Der Unterlippe gegenüber liegt die nicht als Extremität zu deutende Oberlippe (Labrum).

31. Die Mundgliedmaassen haben je nach der Ernährung verschiedenen Bau und sind entweder kauende, leckende, saugende oder stechende Mundgliedmaassen.

32. Am Kopf finden sich 2 grosse Facettenaugen, zu denen noch einige bei Larven meist allein vorhandene Stemmata kommen können.

33. Da die Insecten durch reichlich verästelte Tracheen athmen, ist das Blutgefässsystem bis auf das dorsale, gekammerte Herz rückgebildet.

34. Flügellose Insecten haben meist eine directe, unter periodischen Häutungen verlaufende Entwicklung (ametabole Insecten).

35. Geflügelte Insecten und manche flügellose Formen haben eine Metamorphose, bei welcher sich die Larven von der Imago mindestens durch den Flügelmangel unterscheiden (metabole Insecten).

36. Eine unvollständige Metamorphose (M. incompleta, hemimetabole Entwicklung) tritt ein, wenn die Larven mit jeder Häutung der Imago ähnlicher werden, indem sie frühzeitig successive sich vergrössernde Flügelanlagen erhalten.

37. Bei der vollständigen Metamorphose (M. completa, holometabolen Entwicklung) wird die Umbildung in das letzte Häutungsstadium verlegt, welches ein Ruhe- oder Puppenstadium ist.

38. Die Systematik der Insecten gründet sich auf die Beschaffen-

heit der Mundgliedmaassen und der Flügel, ferner auf die Art der Körpergliederung und der Entwicklung.

39. Die *Apterygoten* sind flügellose Insecten mit kauenden Mundgliedmaassen ohne Metamorphose.

40. Die *Archipteren* haben kauende Mundgliedmaassen mit unvollkommen verwachsener Unterlippe, netzförmige Flügel, eine unvollkommene Metamorphose.

41. Die *Orthopteren* stimmen mit den Archipteren im Bau der Mundgliedmaassen und der Art der Entwicklung überein, haben aber lederartige Flügel.

42. Die *Neuropteren* haben wie die Archipteren Netzflügel, sind aber holometabol; die Mundgliedmaassen verlieren vielfach den Charakter kauender Organe.

43. Die *Coleopteren* sind kauende Insecten und haben die vorderen Flügeldecken zu Elytren umgewandelt; von den ihnen häufig ähnlichen Orthopteren sind sie durch die völlige Verschmelzung der Unterlippe und die vollkommene Verwandlung unterschieden.

44. Stechende Mundgliedmaassen haben *Rynchoten*, *Dipteren* und *Aphanipteren.* Sie unterscheiden sich aber von einander durch die Entwicklung, indem die zum Theil geflügelten, zum Theil flügellosen *Rhynchoten* hemimetabol oder ametabol, die *Dipteren* und *Aphanipteren* holometabol sind. Von letzteren beiden Ordnungen sind die *Aphanipteren* flügellos, die *Dipteren* haben nur Vorderflügel, während die Hinterflügel zu Halteren umgewandelt sind.

45. Parasitische Rhynchoten sind Acanthia lectularia und die Pediculiden (Läuse), parasitische Dipteren die Larven der Oestriden und anderer Fliegen; die Aphanipteren (Puliciden oder Flöhe) sind ausschliesslich parasitisch.

46. Die *Hymenopteren* haben theils kauende, theils leckende Mundgliedmaassen; stets besitzen sie häutige, mit spärlichem Geäder versehene Flügel; ihre Entwicklung ist holometabol.

47. Die weiblichen Thiere haben einen Abdominalanhang, der bei den *Terebrantien* und *Entophagen* als Legeröhre, bei den *Aculeaten* (Bienen und Wespen) als Giftstachel benutzt wird.

48. Die *Lepidopteren* haben beschuppte Vorder- und Hinterflügel, rudimentäre Ober- und Unterlippe, rudimentäre Mandibeln und zu einem Rüssel umgewandelte Maxillen; ihre Entwicklung ist holometabol.

49. Der Körper der **Arachnoideen** besteht aus Cephalothorax und Abdomen.

50. Der Cephalothorax trägt sechs Extremitäten, von rückwärts nach vorn gezählt: **vier** Beinpaare, ein Paar Kiefertaster, ein Paar Kieferfühler (Antennen?); er hat ferner mehrere Paar hoch entwickelter Einzelaugen.

51. Am Abdomen liegen ein bis vier Paar Stigmen, welche entweder in verästelte Tracheen oder in Tracheenlungen, oder zum Theil in Tracheen, zum Theil in Lungen führen.

52. Das Abdomen ist deutlich gegliedert bei den Gliederspinnen oder Arthrogastres, einheitlich bei den Rundspinnen oder Sphaerogastres.

53. Unter den **Arthrogastres** sind zwei Gruppen dadurch ausge-

zeichnet, dass das erste Paar Spinnenbeine noch nicht zur Fortbewegung, sondern zum Tasten benutzt wird: *Solpugen* (mit drei freien Thoraxsegmenten), *Pedipalpen* (mit Cephalothorax).

54. Durch grosse Scheeren an den Tastern und ein mit einem Giftstachel versehenes Postabdomen sind die *Scorpione* charakterisirt, durch Scheeren ohne Postabdomen die *Pseudoscorpione*, durch spinnenartigen Habitus die *Phalangioideen*.

55. Unter den **Sphaerogastres** sind die Weberspinnen oder *Araneen* die wichtigsten; sie besitzen am hinteren Ende des Abdomens vier bis sechs Spinnwarzen, welche zahlreiche mit Drüsen versehene Spinnröhrchen tragen.

56. Nach der Zahl der Spinnwarzen und der Lungen unterscheidet man *Tetrapneumones* (zwei Paar Lungen, vier Paar Spinnwarzen), *Dipneumones* (ein Paar Lungen, ein Paar Tracheenbüschel, sechs Paar Spinnwarzen.)

57. Sphaerogastres mit verschmolzenem Cephalothorax und Abdomen und mit zu einem Rüssel umgewandelten Mundgliedmaassen sind die *Acarinen* oder *Milben*.

58. Menschliche Parasiten unter den Milben sind Ixodes ricinus, Argas persicus, Sarcoptes scabiei, Demodex folliculorum, ferner die Larven von Trombidien (Leptus autumnalis).

59. Vollkommen parasitische Sphaerogastres sind die bandwurmartigen, extremitätenlosen *Linguatuliden*, deren Jugendformen ab und zu eingekapselt in Lunge und Leber des Menschen leben.

60. In der Zahl der Beine stimmen mit den Arachnoideen die sonst sehr abweichend gebauten *Tardigraden* und *Pycnogoniden* überein.

VII. Stamm.

Vertebraten oder Wirbelthiere.

Die Wirbelthiere gehören wie die Arthropoden und Anneliden zu den gegliederten Thieren, unterscheiden sich aber von ihnen durch den gänzlichen Mangel der äusseren Gliederung, der Ringelung der Körperoberfläche. Nur die segmentale Anordnung der inneren Organe: der Muskeln (Myotome, Myomere, Myocommata, Muskelsegmente, beim Embryo Urwirbel), der Nerven (Neurotome), des Skelets (Sklerotome) und der Blutgefässe lässt die Metamerie des Körpers erkennen, am deutlichsten bei den niederen Formen, den Fischen, weniger deutlich und für die meisten Organe nur in der Embryonalanlage nachweisbar bei Vögeln und Säugethieren. Zum Theil hat der Mangel der äusseren Gliederung seinen Grund in der ausgesprochenen Heteronomie des Wirbelthierkörpers und in der hiermit zusammenhängenden, die Grenzcontouren verwischenden Vereinigung der Segmente zu Segment-

complexen oder Körperregionen, deren man mindestens 3 (Kopf, Rumpf und Schwanz), meist sogar 6 (Kopf, Hals, Brust, Lenden- oder Bauch-Region, Becken- oder Sacral-Region und Schwanz) unterscheidet. Noch wichtiger jedoch ist für die äussere Erscheinung die Beschaffenheit des Skelets. Das Cuticularskelet, welches bei den Arthropoden Veranlassung für die deutliche Ringelung ist, fehlt den Wirbelthieren gänzlich; die Haut bleibt weich oder ist nur in untergeordnetem Maasse, mehr zum Schützen als zum Stützen, an der Skeletbildung betheiligt (Hautskelet der *Fische*, *Crocodile*, *Schildkröten* etc.). Dafür bildet sich in der Axe des Körpers festes Gewebe aus, welches uns bei den allerniedersten Wirbelthieren und auf frühen Embryonalstadien als Rückensaite oder Chorda dorsalis entgegentritt, sonst aber sich zu der Wirbelsäule und dem Schädel höher entwickelt. Es war ein Zeichen grossen systematischen und vergleichend anatomischen Scharfblicks, als Lamarck den Namen Wirbelthiere einführte. Noch heute wird mit Recht die durch Cuvier's Typentheorie zur allgemeinen Geltung gelangte Bezeichnung beibehalten, wenn wir auch mit Rücksicht auf die wenigen Formen, welche an Stelle der Wirbelsäule nur die Chorda dorsalis besitzen, gezwungen sind, die Definition weiter zu fassen als Lamarck, und anstatt von Thieren mit Wirbelsäule von Thieren mit einem Axenskelet zu sprechen.

Integument. Wenn wir den *Amphioxus* ausnehmen, welcher noch von einem einschichtigen Cylinderepithel bedeckt ist, unterscheidet sich die Haut der Wirbelthiere (Fig. 25 *a* u. *b*.) von dem Integument aller wirbellosen Thiere durch 2 Merkmale: 1. die Vielschichtigkeit der Epidermis (*Ep*), 2. die bedeutende Dicke der Lederhaut (*Co*). Erstere ist nur bei einem Theil der Wirbelthiere noch von einer zarten Cuticula nach aussen begrenzt; meist ist eine solche Abgrenzung überflüssig, indem — besonders bei Landbewohnern — die oberflächlichen Zellenlagen der Verhornung unterliegen und dadurch auch ohne Cuticula die genügende Widerstandsfähigkeit erhalten. Man unterscheidet dann am Epithel zwei Schichten, das tiefere Stratum Malpighi (*s M*) und das oberflächliche Stratum corneum (*sc*) (vergl. S. 59, 60). — Der zweite Bestandtheil des Integuments, die Lederhaut, gehört ihrer Entstehung nach dem Mesoderm an. Sie besteht aus vielen, oft sehr regelmässig über einander geschichteten Lagen strafffaserigen Bindegewebes und ist meist von den tiefer gelegenen Organen, namentlich den Muskeln, durch lockeres lymphgefässreiches Gewebe, das subcutane Bindegewebe, getrennt. — Beide Hauptabschnitte des Integuments können dem Wirbelthierkörper, abgesehen von der ihnen selbst innewohnenden Festigkeit, noch besondere Schutzapparate liefern. Die Hornschicht der Epidermis erreicht stellenweise eine besondere Mächtigkeit und bildet so das Schildpatt der *Schildkröten*, die Hornschuppen und Schilder der *Schlangen* und *Eidechsen*, die Federn der *Vögel*, die Haare und Hörner der *Säugethiere*. Endlich sind Epidermoidalproducte auch die Krallen, Hufe und Nägel, die in den verschiedensten Wirbelthierclassen vorkommen. Die Lederhaut kann Sitz von Verknöcherungen werden, welche man im Gegensatz zu den Verknöcherungen der Wirbelsäule und des übrigen Axenskelets das Hautskelet nennt.

Hautskelet. Zum Hautskelet gehören vor Allem die Schuppen der *Fische*, welche trotz der Gleichartigkeit des Namens als Knochengebilde etwas ganz Anderes sind als die oben schon erwähnten Hornschuppen der

Schlangen und *Eidechsen*; sie lassen sich sämmtlich auf eine gemeinsame Ausgangsform zurückführen, die Placoidschuppen der Selachier. Letztere sind rhombische Plättchen, welche in ihrer Mitte spitze Höcker tragen, die man Hautzähne nennt, weil sie im Bau und in der Entwicklung den echten Zähnen der Mundhöhle sehr ähnlich sind (Fig. 460). Wie diese bestehen sie aus Elfenbein (*d*) und einer Kappe von Schmelzsubstanz (*sch*) und enthalten im Innern eine von blutgefässreichem Gewebe erfüllte Pulpahöhle (*p*). Hautzähne und echte Zähne sind somit dieselben Gebilde, welche nur in Folge ihrer verschiedenen Lagerung und der dadurch bedingten Verschiedenartigkeit der Function eine verschiedene Entwicklung genommen haben.



Fig. 460. Sagittalschliff durch die Schuppe von Scyllium stellare (nach einer Zeichnung v. Hofer). *d* Dentin, *sch* Schmelz, *p* Pulpa, *b* Basalplatte.

Die Schuppen der Fische sind noch von weiterem anatomischem Interesse, da sich auf sie ausser den Knochenplatten, welche den *Schildkröten*, *Crocodilen* und manchen Säugethieren (*Gürtelthieren*) einen widerstandsfähigen Panzer liefern, noch wichtige Stücke zurückführen lassen, denen wir bei der Betrachtung des Axenskelets wieder begegnen werden. Kleinere Ossificationen der Haut können unter einander verschmelzen und grosse Knochenplatten erzeugen, welche in die Tiefe rücken und als secundäre oder Beleg-Knochen zur Ergänzung des Axenskelets beitragen. Nach dem, was oben über das Verhältniss von Hautzähnen und echten Zähnen gesagt wurde, ist es begreiflich, dass eine weitere Quelle für die Bildung von Belegknochen die ebenfalls mit Zähnen ausgerüstete Schleimhaut der Mundhöhle sein muss.

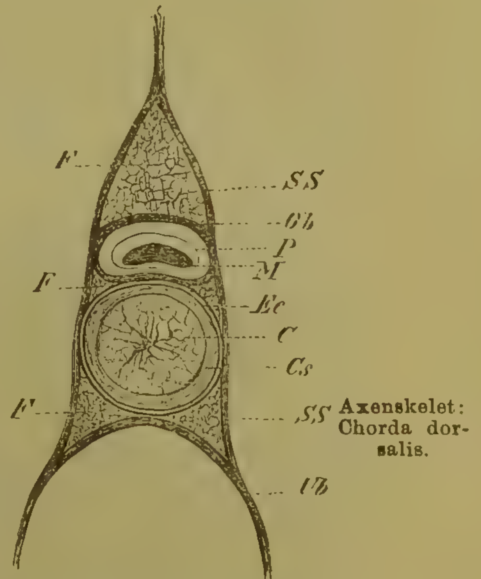


Fig. 461. Querschnitt durch das Axenskelet von Petromyzon. *F* Fettgewebe, *SS* skeletogene Schicht. *Ob*, *Ub* obere und untere Fortsätze derselben, *M* Rückenmark, *P* Umhüllung desselben, *C* Chorda, *Cs* Chordascheide, *Ec* Elastica externa (aus Wiedersheim).

Axenskelet: Chorda dorsalis.

Bei der Betrachtung des Axenskelets beginnen wir mit der Chorda dorsalis, jenem wichtigen Zellenstrang, dem wir schon bei den *Tunicaten* begegnet sind, der ungeschmälert beim *Amphioxus* und den *Cyclostomen* fortbesteht, von da an aber allmählig durch die in seinem Umkreis entstehende Wirbelsäule verdrängt wird. Der Zellstrang ist entodermaler Abkunft (Fig. 9 S. 31). Anfänglich ein Längsstreifen im Epithel des Urdarms (I. *ch*), scheidet er aus der Begrenzung desselben aus und kommt dabei zwischen Darm (*dh*) und Nervensystem (*n*) in die Längsaxe des Körpers zu liegen (II. III.); hier bildet er einen runden Stab, welcher aus der früher schon beschriebenen, durch den blasigen Charakter ihrer Zellen an Pflanzengewebe erinnernden Bindesubstanz besteht (S. 66 Fig. 36). Auf einem Querschnitt (Fig. 461) sieht

man den Stab (*C*) von 3 Hüllen umgeben, zu innerst von der meist faserigen, selten knorpeligen Chordascheide (*Cs*), dann einer elastischen Membran (*Ee*), welche Elastica externa heisst, da eine zweite Elastica innerhalb der Chordascheide vorkommen kann, endlich der skeletogenen Schicht (*Ss*), welche auch äussere Chordascheide genannt wird. Letztere ist ein dem Mesoderm entstammendes Bindegewebe, setzt sich daher in die übrigen bindegewebigen Scheiden, wie sie die Muskeln, das Nervensystem etc. umgeben, fort und verdient besondere Beachtung, weil in ihr der Knorpel und der Knochen für Wirbelsäule und Schädel entstehen.

Da die Chorda und ihre Hüllen elastisch und nachgiebig sind und ohne grossen Widerstand sich unter dem Zug der Muskeln biegen, sind sie gänzlich ungegliedert, so dass die Gliederung des Skelets, so lange dasselbe nur von der Chorda und ihren bindegewebigen Hüllen gebildet wird, vollkommen fehlt. Erst wenn derbere Gewebe wie Knorpel und Knochen auftreten, kommt es zur Sonderung einzelner in der Längsaxe aufeinander folgender Stücke und damit zur allmähligen Ausbildung von Wirbelsäule und Schädel. Für jeden der beiden Theile des Axenskelets kann man eine zusammenhängende Entwicklungsreihe aufstellen, wenn man von den niederen Classen zu den höheren aufsteigt und zugleich auch die ontogenetischen Thatsachen berücksichtigt.

Wirbelsäule. Die in der Wirbelthierreihe zuerst auftretenden Stücke der Wirbelsäule sind die oberen (*Cyclostomen*) und unteren Bögen (*Störe*) (Fig. 462), feste Spangen, welche symmetrisch zur Sagittalebene der

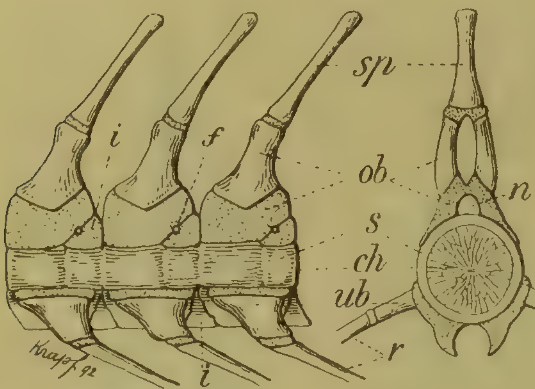


Fig. 462. Ein Stück Wirbelsäule des Störs in seitlicher Ansicht und bei Betrachtung auf dem Querschnitte. *sp* Processus spinosi. *ob* obere Bögen, *n* Neuralcanal, *s* Chordascheide, *ch* Chorda, *ub* untere Bögen, *r* Rippen, *i* dorsale und ventrale Intercalaria. *f* Durchtrittsstellen der Nerven. Knorpel punktirt, Knochen weiss.

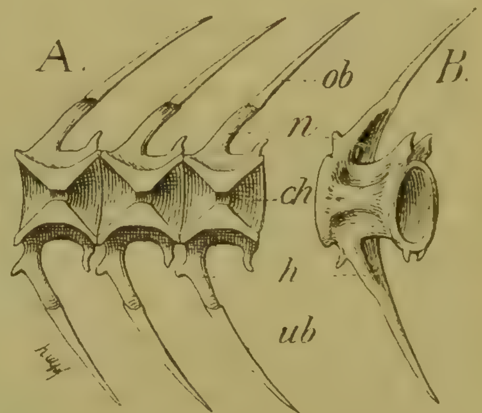


Fig. 463 Schwanzwirbel eines Karpfen. *A* der Länge nach in sagittaler Richtung durchschnitten, *B* ein einzelner Wirbel in halb seitlicher Ansicht, *ob* obere (Neural)-Bögen, *ub* untere (Haemal)-Bögen, *n* Neuralcanal, *h* Haemalcanal, *ch* Hohlräume, die von der Chorda gefüllt werden.

Chorda aufsitzen und in der skeletogenen Schicht jedes Segmentes gewöhnlich zu 1 Paar, selten zu 2 Paaren (eigentliche Bögen und Schaltstücke, Intercalarien) vorhanden sind. Die oberen Bögen (die *arcus vertebrae* der menschlichen Anatomie) umgreifen das dorsal von der Chorda gelegene Rückenmark und bilden für dasselbe den Rückgratscanal, indem sie über dem Rückenmark sich zum oberen Dornfortsatz oder Processus spinosus (häufig einem selbständig sich anlegenden Stück des Axenskelets) vereinen. Ebenso können die unteren Bögen in der

Schwanzgegend den die Schwanzblutgefässe bergenden Caudalcanal erzeugen und sich ebenfalls in Processus spinosi (die unteren Dornfortsätze) verlängern. (Fig. 463.) In der Rumpfregion verhalten sich jedoch die unteren Bögen anders. Da hier die viel geräumigere Leibeshöhle mit ihren an Umfang sehr wechselnden Organen (Darm, Geschlechtsapparat) lagert, dehnen die unteren Bögen sich weit nach abwärts aus und zerfallen in zwei Stücke, ein oberes Tragestück, den Querfortsatz, und ein unteres bewegliches Stück, die Rippe. Auch unterbleibt die Vereinigung zu den unteren Processus spinosi; die Rippen enden entweder frei, oder sie hängen ventral durch ein besonderes Verbindungsstück, das Brustbein, zusammen. (Fig. 464 *St.*)

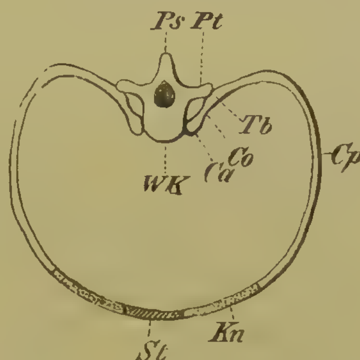


Fig. 464. Brustwirbel und Rippe in ihrem Verhältniss zum Brustbein von einem Säugethier. *Wk* Wirbelkörper, *Ps* Processus spinosus, *Pt* Pr. transversus. *Ba* Köpfchen, *Co* Hals, *Tb* Höcker der Rippe, *Cp* knöcherne, *Kn* knorpelige Rippe, *St* Sternum (aus Wiedersheim).

Obere und untere Bögen heissen auch Neurapophysen und Haemapophysen nach den Beziehungen, welche erstere zu dem Nervenrohr, letztere wenigstens im Bereich der Schwanzregion zu den Blutgefässen zeigen. Eine strittige Frage ist es, ob die Ansicht vieler Zoologen richtig ist, dass zweierlei Querfortsätze und zweierlei Rippen bei den Wirbelthieren existiren, die man als Haemapophysen und Haemalrippen, Pleurapophysen und Pleuralrippen unterscheiden könnte. Man hat die Ansicht auf folgende Unterschiede begründet. Die nur den *Knochenfischen* zukommenden Haemapophysen sollen selbständig von der Chorda entspringen, die zugehörigen Haemalrippen nach einwärts von der Rumpfmuskulatur liegen. Die Pleurapophysen der übrigen Wirbelthiere sollen dagegen Fortsätze der oberen Bögen sein, ihre Pleuralrippen in die Muskulatur selbst eindringen. In der Caudalregion vieler Wirbelthiere aus den Classen der *Amphibien, Reptilien* und *Säugethiere* sollen Pleuralbögen und Haemalbögen neben einander vorkommen.

Indem die basalen Enden von oberen und unteren Bögen sich um die Chorda herum ausbreiten und mit einander verschmelzen, entsteht ein fester Stützpunkt für beide in dem Wirbelkörper. Derselbe vergrössert sich auf Kosten der in seinem Innern verlaufenden Chorda dorsalis; er kann dieselbe bis auf äusserst geringe Spuren vollkommen verdrängen, wie die Wirbelsäule der *Säugethiere* zeigt, oder die Verdrängung der Chorda ist unvollkommen, wie bei den Fischen. Die *Fische* haben amphicoele Wirbelkörper (Fig. 463), d. h. Wirbelkörper, deren vordere und hintere Enden nach Art von Doppelbechern tief ausgehöhlt sind. In den Aushöhlungen erhält sich selbst beim erwachsenen Thier die Chorda fort; sie kann sogar als feiner Verbindungsstrang die Wirbelmitte durchsetzen und so, abwechselnd sich verdünnend und verdickend, die Form eines Rosenkranzes annehmen.

Histologisch besteht die Wirbelsäule entweder aus Knorpel oder aus Knochen; das gewöhnliche Verhalten ist, dass sich zuerst Knorpel bildet, welcher dann von Knochen ersetzt wird. Unterbleibt die Verknöcherung, so ist die Wirbelsäule dauernd knorpelig; ist die Verknöcherung unvollständig, so findet man Knochen und Knorpel neben einander. Combinirt man diese Unterschiede der histologischen Structur mit den Unterschieden, die sich aus der Ausbildungsweise des Wirbel-

körpers und seiner Anhänge ergeben, so bekommt man eine Vorstellung von der ausserordentlichen Mannichfaltigkeit der Structur, welche die Wirbelsäule bieten kann.

Schädel. Noch früher als die Wirbelsäule, nämlich schon bei den keine Wirbelkörper besitzenden *Cyclostomen*, tritt in der Reihe der Vertebraten der Kopfabschnitt des Axenskelets, der nur dem *Amphioxus* fehlende Schädel auf. Derselbe umhüllt das Hirn, wie die Wirbelsäule das Rückenmark; auch tritt seine erste Anlage in der skeletogenen Schicht im Umkreis des vorderen Chordaendes auf. Der Schädel theilt daher mit der Wirbelsäule die Lagebeziehungen zu den wichtigsten Nachbarorganen, so dass man beide Abschnitte des Axenskelets im Allgemeinen einander gleichwerthig oder homodynam setzen kann, wenn es auch unrichtig ist, mit Goethe und Oken, den Begründern der Wirbeltheorie des Schädels, zu sagen, dass der Schädel durch Verschmelzung einer Anzahl Wirbel entstanden sei. Vielmehr sind die Wirbel einerseits, der Schädel andererseits Theile des Axenskelets, welche sich aus einer gemeinsamen Anlage, wie sie durch die Chorda dorsalis und die sie umgebende skeletogene Schicht gegeben ist, selbständig und unabhängig von einander entwickelt haben. — Man unterscheidet drei Entwicklungszustände des Schädels: 1. das häutige, 2. das knorpelige Primordialcranium, 3. das knöcherne Cranium. Das häutige Primordialcranium, welches aus Bindegewebe besteht, ist in seinem Vorkommen auf frühe Embryonalstadien beschränkt oder wird nur in unbedeutenden Resten in den Schädel des ausgebildeten Wirbelthieres übernommen; es wird von der höheren Entwicklungsstufe, dem knorpeligen Primordialcranium, verdrängt, welches sich bei niederen Fischen (*Haien*) dauernd und unverändert erhalten kann. Bei den meisten Wirbelthieren tritt jedoch Verknöcherung ein, welche das Primordialcranium entweder zum Theil (*Fische, Amphibien*) oder in ganzer Ausdehnung (*Reptilien, Vögel, Säugethiere*) ergreift und es im letzteren Falle in eine ringsum knöcherne Kapsel verwandelt. Im knöchernen Cranium muss man nach ihrer Entwicklung zwei Arten von Knochen unterscheiden: primäre und secundäre Knochen. Die primären Knochen entstehen im Anschluss an das Knorpelcranium selbst, entweder in der Hüllhaut des Knorpels, im Perichondrium (Ekchondrostosen), oder tief im Innern des Knorpels (Enchondrostosen). Die secundären Knochen, die Belegknochen, sind dagegen ihrer ursprünglichen Anlage nach dem Axenskelet vollkommen fremd und bilden sich aus den beim Hautskelet besprochenen Verknöcherungen, welche im Integument (Schuppen) und in der Mundschleimhaut (Zähne) auftreten; sie rücken in die Tiefe, lagern sich von aussen auf das Axenskelet und ergänzen dasselbe besonders an Stellen, wo aus Mangel von Knorpel keine primären Knochen entstehen können.

Das knorpelige Cranium ist stets am vollkommensten unterhalb des Hirns ausgebildet. Dieser Abschnitt, die Schädelbasis, liegt in der Verlängerung der Wirbelkörper und umhüllt zum Theil noch das vordere Ende der Chorda dorsalis, zum Theil ragt er nach vorn weit über die Chorda hinaus (praechordaler Theil der Schädelbasis). Der Schädel steigt mit seinen Seitenwandungen am Hirn vorbei und kommt über demselben als Schädeldach zum Verschluss. Dabei werden seine Seitenwände durch die knorpeligen Umhüllungen zweier Sinnesorgane, der Nase und des Gehörorgans, verstärkt, durch die Nasenkapseln am vorderen, durch die Gehörkapseln am hinteren Ab-

schnitte; die dazwischen gelegene Region ist eingebuchtet zur Aufnahme der Augen, welche keinen besonderen Skeletttheil dem Schädel zuführen. — Nur bei wenigen Thieren ist das Knorpelcranium vollkommen geschlossen; meist finden sich in ihm dorsale, zuweilen auch ventrale nur von Bindegewebe geschlossene Lücken. Namentlich wird in der Gegend des Schädeldaches das Bindegewebe (häutiges Primordialcranium) um so ausgiebiger zum Verschluss herangezogen, je mehr sich das Hirn bei Zunahme der Intelligenz vergrössert und den Binnenraum der Schädelkapsel ausdehnt. Relativ am kleinsten ist daher das allerdings nur im Embryonalleben vorhandene Knorpelcranium bei Reptilien, Vögeln und Säugethieren. Da es sich hier nur in der Hinterhauptsgegend dorsal schliesst, weiter nach vorn dagegen klafft, müssen bei der Verknöcherung die Belegknochen zur Vervollständigung der Schädelkapsel ganz bedeutend herangezogen werden.

Der knöcherne Schädel der Wirbelthiere bietet dem vergleichend anatomischen Verständniss grosse Schwierigkeiten, einestheils wegen seines verschiedenen Aussehens in den einzelnen Thierabtheilungen, anderntheils wegen der grossen Zahl und complicirten Anordnung der ihn zusammensetzenden Knochen. Um so mehr muss von Anfang an betont werden, dass im Grossen und Ganzen die gleichen Knochenstücke in den verschiedensten Wirbelthierclassen wiederkehren, und dass die Schwierigkeiten vorwiegend damit zusammenhängen, dass je nach den einzelnen Classen manche Knochen nicht zur Ausbildung gelangen oder mit anderen zur Bildung grösserer Knochenstücke verschmelzen. Eine weitere Complication wird dadurch herbeigeführt, dass sich vielfach mit der Schädelkapsel Theile, die streng genommen ihr nicht zugehören, innig verbinden, die sogenannten Visceralbögen. Man thut daher gut, bei einer Beschreibung des Schädels von dem Visceralskelet zunächst ganz abzusehen und sich ferner die Aufgabe zu erleichtern, indem man die Knochen gruppenweise, wie sie zusammengehören, betrachtet.

Die primären Knochen lassen sich nach den Schädelregionen in vier Gruppen eintheilen: 1. Hinterhauptsknochen, Occipitalia, 2. Gehörkapselknochen, Otica, 3. Knochen der Augengegend, Sphenoidalia, 4. Knochen der Geruchskapsel, Ethmoidalia. Die Hinterhauptsknochen (Fig. 465, 466, 467), die bei den *Säugethieren* zu dem einheitlichen Hinterhauptsbein (Os occipitis) frühzeitig verwachsen, umgeben vier an der Zahl das Foramen magnum, die Oeffnung, durch welche das Rückenmark eintritt, um sich in das Hirn fortzusetzen; zwei liegen links und rechts (Exoccipitalia), ein unpaarer ventral (Basioccipitale), ein weiterer unpaarer dorsal von der Oeffnung (Supraoccipitale). Die der Seitenwand des Schädels angehörigen Gehörkapselknochen (Otica) hängen in ihrer Ausbildung ganz von der Ausdehnung des Gehörorgans ab. Wo die Theile des letzteren gross und weit ausgebreitet sind, ist die Region der Otica und demgemäss auch ihre Zahl sehr gross (bei den *Fischen* [Fig. 465] vier bis fünf: Prooticum, Opisthoticum, Sphenoticum, Pteroticum, Epioticum); umgekehrt verbinden sich die einzelnen Knochenanlagen bei den *Säugethieren* (Fig. 466) zu einem Knochenstück (Petrosum), das in Folge der compendiösen Beschaffenheit des Gehörorgans nicht viel Platz einnimmt. Da die Otica niemals die Mittellinie erreichen, grenzen in der Schädelbasis an das Basioccipitale direct die Sphenoidalia an, zunächst das unpaare Basisphenoid (Fig. 466), auf welches

dann weiter nach vorn das ebenfalls unpaare Praesphenoid folgt. Beide Knochen haben links und rechts ihre paarigen Begleiter: das

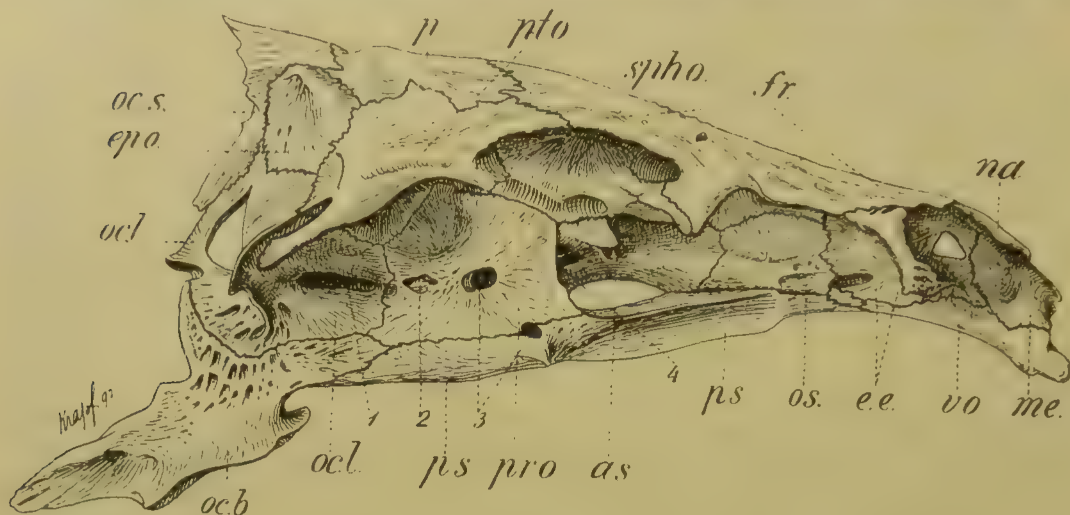


Fig. 465. Schädel des Karpfen nach Entfernung des Visceralskelets. A. primäre Knochen: *oc.b*, *oc l*, *oc.s*, = Basioccipitale, Exoccipitale, Supraoccipitale; *epo* Epioticum, *pto* Pteroticum, *spho* Sphenoticum, *pro* Prooticum; *as* Alisphenoid, *os* Orbitosphenoid; *me* Mesethmoid, *ee* Exethmoid. B. ventrale Belegknochen: *ps* Parasphenoid, *vo* Vomer (dem Visceralskelet zuzurechnen). C. dorsale Belegknochen: *p* Parietale, *fr* Frontale, *na* Nasale. *1–4* Durchtrittsstellen für die Kopfnerven.

Basisphenoid die paarigen Alisphenoide, das Praesphenoid die paarigen Orbitosphenoide, ganz so wie das Basioccipitale von den zwei Exoccipitalia flankirt wird. Da nun auch in der Gegend der Geruchskapsel ein mittlerer Knochen (Mesethmoid) zwischen paarigen Seitenknochen (Exethmoidea) liegt, so hätten wir uns das verknöcherte Cranium der Wirbelthiere vorzustellen als eine mediane Längsreihe von vier unpaaren, basalen Knochen, die von hinten nach vorn sich folgen als Basioccipitale, Basisphenoid, Praesphenoid, Mesethmoid: daneben je eine linke und rechte Reihe: Exoccipitale, Alisphenoid, Orbitosphenoid, Exethmoid. Die Ausbildung der Gehörkapsel bringt es mit sich, dass zwischen die Exoccipitalia und die Alisphenoidea die Summe der Otica, das Petrosum eingekeilt ist. Nur in der Hinterhauptsgegend findet sich ein dorsaler Schlussstein, das Occipitale superius. Sonst müssen Belegknochen zur Aushilfe eintreten, und zwar drei Paar, welche bei den Wirbelthieren nahezu constant sind und von hinten nach vorn auf einander folgen: ein Paar Parietalia, ein Paar Frontalia, ein Paar Nasalia (letztere als Deckknochen der Nasenkapsel). Auf die niederen Wirbelthiere beschränkt ist ein unpaarer mächtiger Belegknochen an der Schädelbasis, das vom Hinterhauptsbein bis zum Mesethmoid reichende Parasphenoid.

Das hier entwickelte Grundschema eines Wirbelthierschädels wird in der Natur am meisten modificirt in der Sphenoidalgegend. Parasphenoid einerseits und Basisphenoid und Praesphenoid andererseits vicariiren für einander, so dass bei Anwesenheit des ersteren die letzteren klein bleiben oder fehlen (*Fische*, *Amphibien*) und umgekehrt (*Säugethiere*). Bei den Säugethieren verwachsen ausserdem die unpaaren Sphenoidstücke mit ihren paarigen Begleitern, die Basisphenoidea mit den Alisphenoidea (Alae temporales), die Praesphenoidea mit den Orbitosphenoidea (Alae orbitales); so entstehen

das vordere und hintere Keilbein, die beim Menschen und anderen Säugethieren weiter zu dem einzigen Keilbein verschmelzen. Aus der Ver-

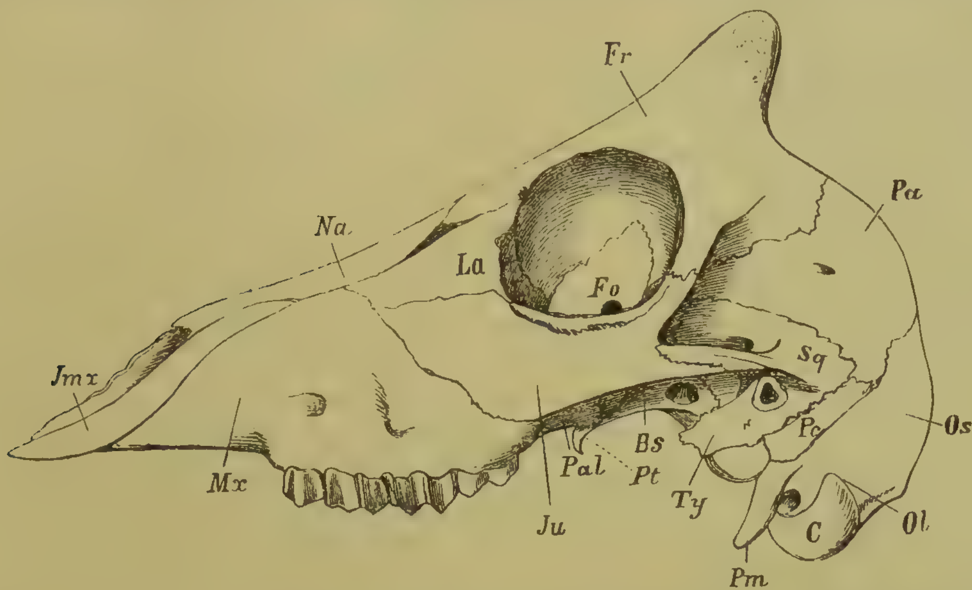


Fig. 466. Schädel einer Ziege von aussen betrachtet, Hirnschädel + Gesichtsschädel (Theil des Visceralskelets). I. Hirnschädel: A. primäre Knochen: *Ol* Exoccipitale mit Condylus *C* und Processus paramastoideus *Pm*, *Os* Supraoccipitale; *Pc* Petrosum (= Otica); *Bs* Basisphenoid (Alisphenoid, Orbitosphenoid mit dem Foramen opticum *Fo* zum Theil durch den Jochbogen verdeckt, Praesphenoid und Ethmoidea ganz verdeckt). B secundäre Knochen: *Pa* Parietale, *Fr* Frontale, *Na* Nasale, *Sq* Squamosum, *Ty* Tympanicum, *La* Lacrymale. II. Gesichtsschädel: A. Oberkieferreihe: *Jmx* Intermaxillare, *Mx* Maxillare, *Ju* Jugale. B. Gaumenreihe: *Pal* Palatinum, *Pt* Pterygoid (aus Claus).

einigung von Mesethmoid und Exethmoidea entsteht ferner bei Säugethieren das einheitliche Os ethmoideum.

Visceral-skelet.

Die Schädelkapsel wird zum Kopfskelet ergänzt durch das Hinzutreten des **Visceralskelets**, eines Systems von Bogenstücken, welche nach Art der Rippen den Anfangsdarm von links und rechts umgreifen, sich zum Schädel verhalten wie die Rippen zur Wirbelsäule und zum Kopfskelet gerechnet werden müssen, obwohl sie zum Theil nach rückwärts verschoben sind und unter den Anfang der Wirbelsäule zu liegen kommen. Analog dem Schädel hat das Visceralskelet einen knorpeligen und einen knöchernen Zustand. Das nur bei den *Haien* vorkommende knorpelige Visceralskelet zeigt uns den Apparat in seinen leicht verständlichen Grundzügen; es ist hier so locker

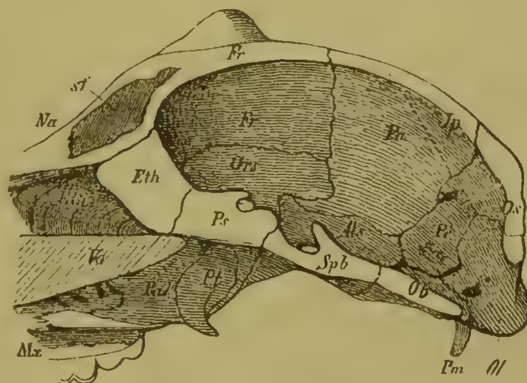


Fig. 467. Sagittalschnitt durch den hinteren Abschnitt eines Ziegenschädels. A. primäre Knochen des Hirnschädels: *Ob* Basioccipitale, (*Pm* Processus paramastoideus), *Ol* Exoccipitale, *Os* Supraoccipitale; *Spb* Basisphenoid, *Als* Alisphenoid, *Ps* Praesphenoid, *Ors* Orbitosphenoid, *Eth* Mesethmoid (das Exethmoid verdeckend); *Pe* Petrosum. B. Belegknochen *Pa* Parietale, *Jp* das nur bei Säugethieren vorkommende Interparietale, *Fr* Frontale mit *sf* Sinus frontales, *Na* Nasale. C. Belegknochen des Visceralskelets: *Vo* Vomer. *Pal* Palatinum, *Pt* Pterygoid (Gaumenreihe), *Mx* Maxillare (Oberkieferreihe) (aus Gegenbaur).

mit dem Schädel verbunden, dass man es leicht von ihm im Zusammenhang ablösen kann. Man zählt an ihm (Fig. 494) gewöhnlich acht (selten elf) Bogen und zwar von vorn nach hinten zunächt zwei rudimentäre Bogen, die Lippenknorpel, dann den mächtigen Kieferbogen, den Zungenbeinbogen und fünf (selten sieben) Kiemenbogen. Der Kieferbogen besteht jederseits aus zwei Stücken, welche Zähne tragen und beim Kauen gegen einander wirken; das obere, dem Schädel vorn und hinten angefügte Stück ist das Palatoquadratum (nicht Oberkiefer), das untere, welches am Palatoquadratum eingelenkt ist, heisst das Mandibulare. Ganz analog theilt sich der Zungenbeinbogen in das obere an der Gehörkapsel des Schädels befestigte Hyomandibulare und das untere Hyoid, nur dass hierzu noch ein am Kieferbogen fehlendes unpaares Stück kommt, welches als ventrale Copula den linken und rechten Bogen unter einander verbindet. Eine Copula existirt auch bei den Kiemenbogen, welche jederseits aus vier Stücken bestehen. Zungenbeinbogen und Kiemenbogen tragen Kiemen; gewisse Merkmale (Existenz rudimentärer Kiemen und einer rudimentären Kiemenspalte, des „Spritzlochs") weisen darauf hin, dass auch der Kieferbogen ein Trageapparat für Kiemen gewesen und dieser ursprünglichen Function nur entfremdet worden ist, als er zum Kauen Verwendung fand.

Durch die Verknöcherung hat das Visceralskelet bei den höheren *Fischen* und allen übrigen Wirbelthieren eine erhebliche Umgestaltung erfahren. Diese Umgestaltung wird noch gesteigert durch einen fortschreitenden Functionswechsel der Bogen, indem immer mehr derselben ihrer ursprünglichen respiratorischen Function entzogen werden. Man muss dabei am Visceralskelet einen vorderen und hinteren Abschnitt unterscheiden: der vordere besteht aus den Labialknorpeln, dem gesammten Kieferbogen und der oberen Hälfte des Zungenbeinbogens, dem Hyomandibulare, der hintere aus dem Hyoid, den Kiemenbogen und den Copulae. Der hintere Abschnitt ist nur so lange gut entwickelt, als die Kiemenathmung beibehalten wird. Mit dem Uebergang zur Lungenathmung schwindet er zum grössten Theil; was erhalten bleibt, liefert das Zungenbein, dessen Körper aus der Copula des Zungenbeinbogens hervorgeht, dessen Vorderhorn dem Hyoid, dessen Hinterhorn einem Rest von Kiemenbogen entspricht. (Fig. 511.)

Der vordere Abschnitt des Visceralskelets (Labialknorpel, Palatoquadrat, Mandibulare, Hyomandibulare) erfährt zwar eine Weiterbildung, giebt aber mehr und mehr seine Selbständigkeit auf, um mit dem Schädel zu verwachsen. Bei den *Säugethieren* schliesst er sich als „Gesichtsschädel" dem Hirnschädel an. Dabei wird er Ausgangspunkt für complicirte Knochenbildungen, die vergleichend anatomisch sehr schwer zu verstehen sind, da sie, von Classe zu Classe verglichen, wiederholt ihre Function und damit auch ihre Beschaffenheit und relative Grösse verändern.

Allen Wirbelthieren mit knöchernem Visceralskelet (Fig. 466, 495) ist gemeinsam, dass vor dem Palatoquadratum in der bei den Haien durch die Lippenknorpel eingenommenen Gegend links und rechts zwei Belegknochen entstehen, der Zwischenkiefer (Os praemaxillare s. intermaxillare) und der Oberkiefer (Os maxillare). Sie tragen die nur hie und da rückgebildete Oberkieferreihe der Zähne, welche die Zähne des Palatoquadratum ablösen, indem sie die Antagonisten der Unterkieferzähne abgeben. Das Palatoquadratum rückt in gleichem Maasse nach rückwärts und erzeugt eine zweite der Oberkieferlinie

häufig genau parallele Reihe von Knochen, welche ebenfalls Zähne tragen können, die Gaumenreihe (Fig. 516). Man muss hierbei aber am Palatoquadratum zwei Abschnitte unterscheiden, nach vorn die Palatinspange, nach hinten den Quadrattheil. Die knorpelige Palatinspange schwindet und es erhalten sich nur die auf ihr entstandenen Belegknochen, zuvorderst der Vomer, dann das Palatinum, am meisten rückwärts das Pterygoid. Der Quadratknorpel verknöchert dagegen selbst und wird zum Quadratbein, welches die Gelenkfläche für das Mandibulare trägt. Die Verknöcherung des Mandibulare erfolgt in analoger Weise, vorn durch Belegknochen, unter denen das zahntragende Stück, das Dentale, am wichtigsten ist, hinten durch einen primären Knochen, welcher, weil er mit dem Quadratbein das Mandibulargelenk bildet, Articulare heisst. — Aus dem Hyomandibulare geht nur ein constanter Knochen hervor, welchem daher der Name des Knorpels belassen wird.

Wenn soweit alle Wirbelthiere mit knöchernem Skelet einander gleichen, so kommen wir jetzt zu den Unterschieden, welche dadurch veranlasst sind, dass das Hörorgan beim Uebergang zum Landaufenthalt schallleitender Apparate bedarf. Diese werden durch Knochen geliefert, welche schon bei den *Fischen* in der Gegend der Gehörkapsel liegen, das Hyomandibulare (Zungenbeinbogen), Quadratum und Articulare (die zwei Gelenkstücke des Kieferbogens). Das Hyomandibulare wird schon bei *Amphibien, Reptilien* und *Vögeln* zu einem Gehörknochen, der Columella, und erhält sich auch als solcher bei den *Säugethieren* in dem Steigbügel (Stapes). Bei den Säugethieren folgen im Functionswechsel Quadratum und Articulare nach, jenes indem es zum Ambos, dieses indem es zum Hammer (Fig. 438, 480) wird. Da mit dieser Umwandlung das Mandibulare seines Gelenkstücks beraubt wird, entsteht bei den Säugethieren an einem Fortsatz des Dentale ein neues Unterkiefergelenk. Der Unterkiefer der Fische bis Vögel ist somit nur zum Theil dem Unterkiefer der Säugethiere gleichwerthig, da er ausser dem Dentale auch das Articulare (den Hammer) umschliesst.

Zum Schluss müssen noch 3 bei den Wirbelthieren weit verbreitete Knochen besprochen werden: 1. das Squamosum, 2. das Tympanicum, 3. das Jugale oder Zygomaticum. Von diesen drei ist das Squamosum, indem es auf dem Quadratknorpel als Belegknochen entsteht, ein Begleiter des Quadratbeins und wie dieses an die Gegend der Otica oder des Petrosum gebunden. Es wird in gleichem Maasse grösser, als das Quadratbein bei der Umwandlung zum Ambos einschrumpft, und liefert die Squama temporum, welche bei allen Säugethieren mit dem Felsenbein zum Schläfenbein verschmilzt. Gemeinsam mit dem Tympanicum, welches bei *Säugethieren* ebenfalls mit dem Petrosum verwächst, bildet es den Rahmen, in welchen das Trommelfell gespannt ist. Das Jugale oder Jochbein gehört zur Maxillarreihe. Diese ist bei vielen Wirbelthieren nur an ihrem vorderen Ende (Prämaxillare) am Schädel befestigt, während das hintere Ende (Maxillare) frei in den Weichtheilen des Kopfes endet. Um nun auch dieses Ende mit dem Schädel enger zu verbinden, entsteht bei sehr vielen Wirbelthieren das Jugale, welches bogenförmig (Jochbogen) den Zwischenraum zwischen dem Maxillare und dem am Schädel angefügten Quadratum überbrückt. Wenn das Quadratum sich in ein Hörknöchelchen verwandelt und dadurch zu klein wird, um als Stützapparat zu dienen, wird der Jochbogen von dem Begleiter des Quadratum, dem Squamosum, aufgenommen,

welches den Processus zygomaticus dem Os zygomaticum (jugale) entgegen sendet.

Extremitäten.

Wie der Stamm des Wirbelthierkörpers eine feste Axe durch Schädel und Wirbelsäule erhält, so gewinnen auch die von ihm ausgehenden Extremitäten ihre Stütze durch axiale Skeletbildungen. Man unterscheidet zweierlei Extremitäten, paarige und unpaare, die allerdings nur bei den *Fischen* neben einander vorkommen (Fig. 502—507). Die unpaaren Extremitäten entstehen hier als eine Hautfalte in der Sagittalebene des Körpers, die hinter dem Kopf beginnt, als ein Rückenkamm bis zum Schwanz verläuft, diesen umgreift und ventral bis zur Aftergegend reicht. Die einheitliche Anlage sondert sich später in 3 Stücke: 1) die öfters in mehrere kleinere Flossen zerfallende Rückenflosse, 2) die Schwanzflosse und 3) die ventrale Afterflosse (Pinna dorsalis, P. caudalis, P. analis). In ähnlicher Weise sind wahrscheinlich auch die paarigen Extremitäten, die vorderen Brustflossen (P. thoracicae) und die hinteren Bauchflossen (P. abdominales), auf eine einheitliche Anlage zurückzuführen und als die selbständig gewordenen vorderen und hinteren Enden zweier Seitenfalten zu deuten. — Von den beiden Extremitätenformen sind die unpaaren die älteren, da sie schon beim *Amphioxus* und den *Cyclostomen* auftreten, wo die paarigen noch fehlen; sie verschwinden dagegen früher in der Wirbelthierreihe. Da sie nur für den Aufenthalt im Wasser dienlich sind, gehen sie schon bei den *Amphibien* verloren, bei denen ein einheitlicher, von Skelettheilen nicht mehr gestützter Flossenkamm meist nur noch während des Larvenlebens vorkommt. Umgekehrt gewinnen die paarigen Extremitäten (Beine und Arme) mit dem Uebergang zum Landleben eine erhöhte Bedeutung.

In den Flossen der Fische findet man zweierlei Skelettheile vor, die bei den *Haien* auch durch ihre histologische Beschaffenheit scharf unterschieden sind, indem die einen, die Flossenstützen, aus Knorpel bestehen, die anderen, die Flossenstrahlen, Hornfäden sind (Fig. 468). Da bei den *Teleostiern* beide Theile verknöchern, wird der Unterschied weniger auffällig, lässt sich aber noch daran erkennen, dass die Flossenstützen knorpelig vorgebildet werden, die Flossenstrahlen nicht, dass jene die basalen Theile, diese den Randsaum der Flosse einnehmen. Die Unterscheidung der beiden Skeletelemente ist von grosser Wichtigkeit. Die Flossenstrahlen haben ein untergeordnetes Interesse, da sie in den Aufbau der Extremität bei den höhern Wirbelthieren nicht mit hinübergenommen werden. Was sich bei diesen er-

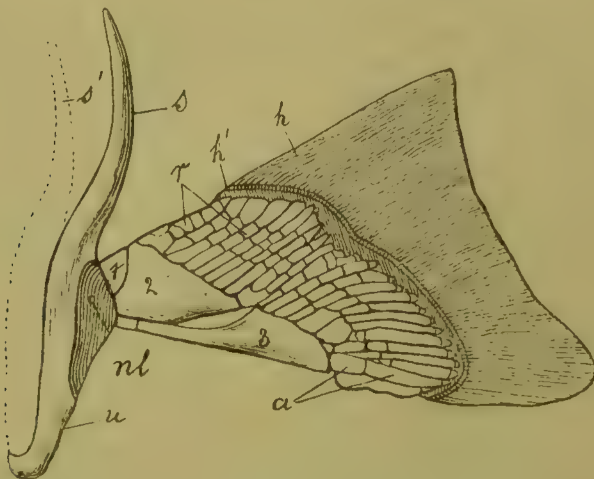


Fig. 468. Linker Brustgürtel mit Flosse von Heptanchus (unter Benutzung einer Zeichnung von Wiedersheim). *s* Scapula der linken, *s'* der rechten Seite, *u* unterer Theil des Gürtels, *nl* Nervenloch. *1*, *2*, *3* Pro-, Meso-, Metapterygium. *a* Stammreihe, *r* Nebenreihen der knorpeligen Flossenstützen. *h* Hornfäden oder Flossenstrahlen bei *h'* durchschnitten, da sie sonst die Enden der Flossenstützen zudecken würden.

hält, ist ausschliesslich das System der Flossenstützen von Brust- und Bauchflossen, die daher auch allein eine besondere Besprechung verlangen.

Extremitätengürtel.

Das knorpelig präformirte Stützskelet jeder paarigen Extremität besteht aus zwei Theilen, dem in die Seitenwandung des Körpers eingelassenen Extremitätengürtel und den Stücken, die der frei vorstehenden Extremität zu Grunde liegen, dem Extremitätenskelet im engeren Sinne. Der Extremitätengürtel (der Schultergürtel der vorderen, der Beckengürtel der hinteren Extremität) ist im einfachsten Falle eine Spange mit einer Gelenkfläche für die Extremität und wird durch diese Gelenkfläche in einen dorsalen und einen ventralen Abschnitt zerlegt. Der dorsale Abschnitt heisst Schulterblatt oder Scapula für die vordere, Darmbein oder Ileum für die hintere Extremität. Der vom Gelenk aus sich abwärts hinziehende Theil gabelt sich bei den meisten Wirbelthieren in einen vorderen und hinteren Ast (Fig. 469). Der vordere Ast ist die Clavicula des Schultergürtels, das Os pubis des Beckengürtels, der hintere das Coracoid, resp. das Os ischii. Am constantesten ist der Unterschied der drei Theile am Beckengürtel; am Schultergürtel dagegen kann bald die Clavicula, bald das Coracoid, bald auch können beide Theile fehlen, während die Scapula keinem Wirbelthier mit Extremitäten fehlt.

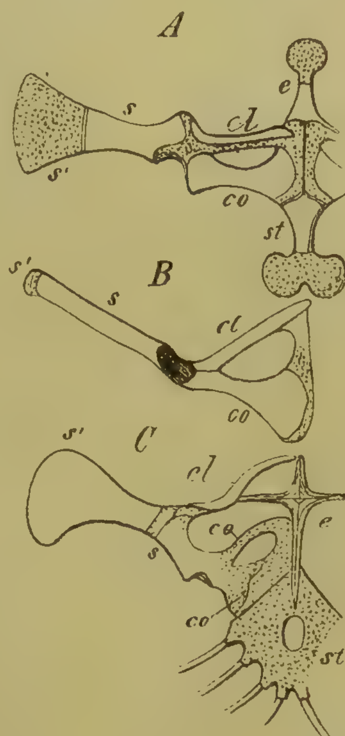


Fig. 469. Rechtsseitiger Schultergürtel: *A* vom Frosch, *B* einer Schildkröte, *C* einer Eidechse. *s* Scapula, *s'* Suprascapulare, *cl* Clavicula, *co* Coracoid, *e* Episternum, *st* Sternum (bei *C* mit Rippenansätzen) (nach Gegenbaur, einige Figurenbezeichnungen verändert).

In ihrer Lage werden die Extremitätengürtel der wasserbewohnenden Fische vorwiegend oder ausschliesslich durch Muskeln erhalten; bei der Mehrzahl der Landbewohner ist dagegen ein inniger Anschluss an das Axenskelet, speciell an die Wirbelsäule durchgeführt. Dieser Anschluss ist für den Becken gürtel ein unmittelbarer, da der dorsale Fortsatz, das Ileum, sich mit ein oder mehreren Wirbeln verbindet, welche Sacralwirbel heissen (streng genommen nicht mit den Wirbelkörpern selbst, wohl aber mit den davon ausgehenden Querfortsätzen und Rippen). Die Verbindung des Schultergürtels ist dagegen eine viel vermitteltere und deshalb auch lockere; sie wird durch die ventralen Spangen, die Clavicula und das Coracoid, bewirkt. Letzteres tritt an das Brustbein (Sternum) heran, welches selbst wieder durch Rippen der Wirbelsäule angefügt ist, erstere an einen besonderen, dem Brustbein aufgelagerten Knochen, das Episternum. Die directe Verbindung des Schlüsselbeins mit dem Sternum bei den Säugethieren ist nur eine scheinbare, da sich zwischen beide noch Knorpelstücke eindrängen, die Reste des Episternalapparats.

Archipterygium.

Da die frei hervorstehende Extremität bei der Fortbewegung allein unmittelbar verwandt wird und da die verschiedenen Bewegungsweisen der Wirbelthiere, Schwimmen, Fliegen, Laufen, Springen, Klettern, eine jede ihre besondere Ausbildungsweise der

Extremität erfordert, zeigt auch das Skelet eine ganz ausserordentliche Mannichfaltigkeit der Formen. Gleichwohl ist es geglückt, alle diese Formen auf eine gemeinsame Urform, das Archipterygium, zurückzuführen, eine Urform, welche in der Flosse gewisser niedrig stehender Fische vorkommt. Im Archipterygiumskelet (Fig. 468) sind zahlreiche Skeletstücke enthalten, die sich nur wenig in Grösse und Form unterscheiden und in vielen dicht an einander schliessenden Reihen angeordnet sind. Unter den Reihen der Skeletstücke hat eine das Uebergewicht über die anderen und heisst die Stammreihe; sie beginnt mit einem ansehnlichen Skeletstück direct am Extremitätengürtel (dem Metapterygium) und trägt entweder auf beiden Seiten (Archipterygium biseriale) oder nur auf einer Seite (Arch. uniseriale), ähnlich einem doppelt oder einfach gefiederten Blatt, die Seitenreihen der Skeletstücke. Da gewöhnlich nicht alle Seitenreihen an der Stammreihe Platz finden, so entspringt eine grössere Anzahl auch an dem Schultergürtel direct; sie können hier ebenfalls mit grossen Stücken beginnen, dem Meso- und Propterygium.

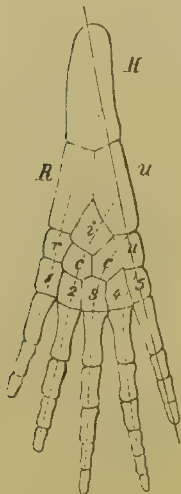


Fig. 470. Schema einer pentadactylen Extremität, die punktirten Linien geben die Seitenstrahlen an. *H* Humerus, *U* Ulna, *R* Radius, Carpus bestehend aus 2 Reihen und 2 centralen Stücken: I. Reihe, *r* Radiale, *i* Intermedium, *u* Ulnare. II. Reihe Carpalia 1—5, *c* Centralia, die Metacarpalia und Phalangen sind nicht bezeichnet (nach Gegenbaur).

Pentadactyle Extremität.

Aus dem besprochenen Archipterygium lässt sich eine Grundform ableiten, welche für alle höheren, vornehmlich landbewohnenden Wirbelthiere von den *Amphibien* an aufwärts gilt; es ist das die pentadactyle oder fünffingerige Extremität (Fig. 470.) Will man dieselbe aus dem Archipterygium erklären — wobei es von keiner grossen Bedeutung ist, ob man die uniseriale oder biseriale Form zum Ausgangspunkt wählt —, so muss man folgende drei Abänderungen an ihr vornehmen. Zunächst muss man eine Reduction der Gesammtzahl der Reihen eintreten lassen, und zwar eine Reduction auf fünf: eine Hauptreihe und vier Nebenreihen. Die terminalen Stücke der Hauptreihe liefern die Knochen des fünften, diejenigen der Nebenreihen die Knochen der übrigen Finger. Eine zweite Veränderung besteht in dem ungleichen Wachsthum der Theile; das Metapterygium, schon bei den Fischen ein ansehnliches Stück, vergrössert sich noch mehr und heisst Humerus bei der vorderen, Femur bei der hinteren Extremität. Ebenfalls sehr ansehnlich wird das zweite Stück der Hauptreihe und das erste Stück der ersten Nebenreihe, es sind Ulna und Radius, beziehentlich Fibula und Tibia; nun folgen Knöchelchen, welche klein bleiben, meist von der Gestalt würfelförmiger Stücke, die Carpalia der vorderen, die Tarsalia der hinteren Extremität; sie tragen wiederum schlankere Knochen, die Metacarpalia oder Metatarsalia, und diese endlich die Phalangen. (Rücksichtlich der genaueren Bezeichnungen der Carpalia vergl. die Figurenerklärung 470.)

Die dritte Veränderung, zugleich eine der wichtigsten, wird durch die Ausbildung von Gelenken herbeigeführt. So lange die Extremität als Ruder functionirt, muss sie eine einheitlich wirkende Platte sein, deren einzelne Theile festgefügt sind. Wenn die Extremität dagegen, wie es bei Landthieren nöthig ist, als ein Hebelapparat den Körper

tragen und bewegen soll, so muss sie in einzelne Abschnitte zerlegt werden, welche gegen einander verschiebbar sind. Bei dieser Quergliederung bilden sich namentlich 2 Gelenke aus, das Ellbogengelenk (Knie-gelenk) zwischen Humerus (Femur) einerseits, Radius und Ulna (Tibia und Fibula) andererseits, das Handgelenk (Sprunggelenk) zwischen den Unterarmknochen (Unterschenkelknochen) und den Carpalia (Tarsalia); dazu kommen die minder wichtigen Gelenke der Finger- und Zehenglieder.

Wenn wir nun die Extremitäten der Landwirbelthiere mit der geschilderten Grundform vergleichen, so ergeben sich Abweichungen nach 2 Richtungen hin. Selten sind mehr Stücke vorhanden, als das erläuterte Schema sie verlangt; dann sind noch die Reste einer sechsten oder gar einer siebenten Reihe oder eines weiteren Fingers entwickelt. Viel häufiger ist eine Reduction der Skeletstücke entweder durch Verschmelzung oder durch gänzliche Rückbildung. Verschmelzung ist Ursache, dass bei der vollkommensten Pentadactylie die Zahl der Carpalia meist geringer ist als 10, wie man nach dem Schema erwarten sollte; Rückbildung bringt es dagegen mit sich, dass viele Thiere nur 4, 3, 2 oder sogar nur 1 Zehe haben. Man kann dann mit Sicherheit annehmen, dass die fehlenden Zehen verloren gegangen sind. Die Paläontologie z. B. lehrt uns in ganz überzeugender Weise, dass die jetzt lebenden einzehigen Pferde aus fünfzehigen Urformen durch gesetzmässige Rückbildung der Zehenzahl hervorgegangen sind.

Muskulatur. Die hohe Vervollkommnung und eigenthümliche Beschaffenheit des in seinen Grundzügen geschilderten Wirbelthierskelets hat einen tiefgreifenden Einfluss auf die übrige Organisation. Wir haben schon hervorgehoben, dass die äussere Erscheinungsweise unter diesem Einfluss steht, dass die Haut nicht wie bei den *Arthropoden* zum Stützapparat wird, und dass damit die Bedingungen für die äussere Segmentirung in Wegfall kommen. Noch unmittelbarer ist der Einfluss auf die Anordnung der Muskulatur. Die Entwicklung eines Axenskelets bringt es mit sich, dass die Angriffspunkte der Muskulatur von der Haut, an welcher die Muskeln bei *Mollusken*, *Arthropoden* und *Würmern* endigen, auf das Innere übertragen werden. Eine Hautmuskulatur besteht bei den Wirbelthieren nur in unwesentlichen Resten fort; sie ist ersetzt durch die Rumpfmuskulatur. Letztere ist ihrer ersten Anlage nach ein auf jeder Seite der Wirbelsäule hinziehender Längsstrang von Muskelfasern (Fig. 471), welcher durch bindegewebige Scheidewände, die Ligamenta intermuscularia, in viele hinter einander gelagerte Segmente, die Myotome oder Myocommata, zerlegt wird. Wenn man daher bei einem Fisch durch Kochen das Bindegewebe löst, so zerfällt die Muskulatur in lauter scheibenförmige Stücke. Die Ligamenta intermuscularia spannen sich zwischen Haut und Axenskelet aus; sie übertragen vermöge ihrer

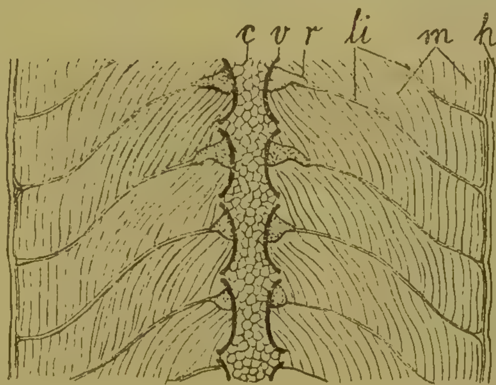


Fig. 471. Horizontalschnitt durch die vordere Rumpfgegend eines jungen Rhodeus amarus, auf der Höhe der Ursprünge der unteren Bogen; *c* Chorda, *v* knöcherne Wirbelkörper, *r* Rippenende der knorpeligen unteren Bogen, *li* Ligamenta intermuscularia, *m* Längsmuskeln, *h* Haut.

Verlaufsrichtung die Wirkung der Muskeln auf das Axenskelet, indem sie jedesmal rückwärts an der Haut beginnen und etwas vorwärts am Axenskelet enden.

Eine gegliederte Rumpfmuskulatur findet sich schon beim *Amphioxus* und den *Myxinoiden*, deren Axenskelet, die Chorda, noch ungegliedert ist. Die Muskelgliederung ist somit älter als die Skeletgliederung und, wie wir noch weiter hinzufügen können, Ursache der letzteren. Die Bewegungen der Muskeln verhindern, dass die knorpelige oder knöcherne Wirbelsäule ein Continuum bildet, wie es die Chorda und die bindegewebige skeletogene Schicht sind; sie bewirken, dass in kleinen Intervallen biegsame, das Knorpel- und Knochenrohr in die Wirbelkörper abtheilende Gewebsstücke erhalten bleiben. Naturgemäss dürfen diese biegsamen Trennungslinien nicht mit den Muskelgrenzen zusammenfallen, sondern müssen zwischen ihnen liegen; mit anderen Worten: Muskelgliederung und Skeletgliederung, Myotome und Sklerotome, müssen mit einander alterniren.

Wenn nun bei den *Säugethieren*, z. B. dem Menschen, von der hier geschilderten Muskelanordnung nur sehr wenig noch zu erkennen ist, so hat das seinen Grund in der Ausbildung der Extremitäten: je mehr diese an Bedeutung gewinnen und die wichtigsten Bewegungsapparate des Körpers werden, um so mehr werden Theile der Stammesmuskulatur abgezweigt, umgruppirt und in den Dienst der Extremitäten gestellt. Segmentale Muskeln sind nur noch die Intercostales und die einzelnen Theile des Erector trunci, der Muskelmasse, welche links und rechts von der Wirbelsäule am Rücken hinzieht. Embryonal legt sich jedoch bei allen Wirbelthieren die Muskulatur segmental in Form der Ursegmente (früher Urwirbel genannt) an (Fig. 472).

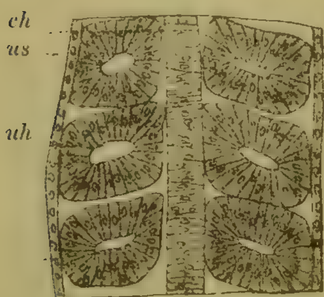


Fig. 472. Frontalschnitt durch den Embryo von Triton. *ch* Chorda, *us* Ursegmente (Muskelanlagen), *uh* Höhlungen der Ursegemente (aus O. Hertwig).

Ein weiterer wichtiger Grundzug der Wirbelthiermuskulatur ist darin gegeben, dass sie bei ihrer Entstehung fast rein dorsal ist und daher auch dauernd bei den *Fischen* vorwiegend dorsal angebracht ist. Die Muskeln, die sich ventral vorfinden, sind zum grössten Theil erst vom Rücken dahin verlagert, wobei abermals als wesentlichste Ursache die fortschreitende Ausbildung der paarigen Extremitäten anzusehen ist. Der dorsale Charakter der Wirbelthiermuskulatur ist nur Theil einer Allgemeinerscheinung, dass nämlich durch die Skeletaxe im Wirbelthierkörper eine Scheidung zwischen einer dorsalen animalen, d. h. nur animale Organe enthaltenden Sphäre und einer ventralen, vorwiegend vegetativen Sphäre herbeigeführt wird. Ausser den Muskeln gehören der Rückenseite noch an: 1. das Nervensystem, 2. die wichtigsten Sinnesorgane: Auge, Nase und Gehörorgan,

Nervensystem. Das Centralnervensystem der Wirbelthiere unterscheidet sich von den zum Theil dorsal (Hirn), zum Theil ventral (Bauchmark) angebrachten Centralorganen der übrigen gegliederten Thiere (*Anneliden* und *Arthropoden*) durch seine rein dorsale Lage (Hirn und Rückenmark); ferner unterscheidet es sich von den Ganglienknötchen und Nervensträngen aller wirbellosen Thiere durch die sonst nur noch bei *Ascidienlarven* vorkommende Röhrenform, d. h. durch die Anwesen-

heit eines Canals, der in der Axe des langgestreckten Centralorgans verläuft, eine Flüssigkeit, den Liquor cerebrospinalis, enthält und von einem besonderen Epithel ausgekleidet ist. Dieser Centralcanal erklärt sich entwicklungsgeschichtlich daraus, dass das Nervensystem aus dem Ectoblast stammt und sich von demselben nicht durch Abspaltung, sondern durch Einfaltung ablöst. (Fig. 9. S. 31). In der Rückenhaut des Embryo macht sich frühzeitig eine mediane Längsrinne, die Medullarfurche, bemerkbar; der Boden derselben, die Medullarplatte, krümmt sich mit fortschreitender Entwicklung immer energischer von links nach rechts, bis sich die Rinne durch Zusammenneigen der Ränder zum Rohr geschlossen hat. Wichtig ist, dass fast bei allen Wirbelthieren das hintere Ende dieses Rohres hinter dem Ende des Axenskelets herum durch den Canalis neurentericus mit dem ventral gelegenen Darmrohr in offener Communication steht, eine Communication, welche sonst nur noch bei den Larven der *Ascidien* beobachtet wird. (Fig. 260, S. 269).

Es giebt nur ein Wirbelthier, den höchst primitiv gebauten *Amphioxus*, bei welchem das Centralnervensystem in ganzer Ausdehnung im Wesentlichen die gleiche Beschaffenheit, die Beschaffenheit des Rückenmarkes, zeigt. Ein Hirn fehlt hier noch, oder ist, richtiger gesagt, nur als eine kleine Verdickung am vorderen Ende des Nervensystems angedeutet. Ein solch niedriger Zustand kommt selbst während der Entwicklung der Wirbelthiere gar nicht mehr oder nur ganz vorübergehend vor. Die Regel ist, dass das Centralnervensystem schon zur Zeit, wo es sich von der Haut abschnürt und schliesst, in ein Rückenmark und ein aus mehreren Abschnitten bestehendes Hirn gegliedert ist.

Das Rückenmark (Medulla spinalis) ist ein cylindrischer, nur bei den *Cyclostomen* (Fig. 461) bandförmig abgeplatteter Strang, welcher in der dorsalen und ventralen Mittellinie von zwei Längsfurchen eingekerbt ist, dem flacheren Sulcus anterior (*Sa*) und dem fast bis zum Centralcanal einschneidenden S. posterior (*Sp*). (Fig. 73, S. 96). Der Centralcanal (*Cc*) ist aus der Axe ventral verschoben, sein Lumen ausserordentlich eingeengt durch das Nervengewebe des Rückenmarks. An letzterem kann man, wie an den Ganglienknötchen der wirbellosen Thiere, zwei Schichten unterscheiden, von denen die eine nur Nervenfasern, die andere ausser Nervenfasern zahlreiche Ganglienzellen enthält. Die Anordnung der Schichten ist aber genau entgegengesetzt der Anordnung der Ganglienknötchen, indem die Ganglienzellenschicht, „die graue Substanz", im Centrum liegt, die Nervenfaserschicht, „weisse Substanz" (*W*), dagegen peripher, eine umgekehrte Schichtenfolge, die eine nothwendige Folge der Entwicklung durch Einfaltung ist. Der durch die Namen ausgedrückte Farbenunterschied hat seinen Grund darin, dass in der Rinde des Rückenmarks die weissen, markhaltigen Nervenfasern verlaufen, während die in der grauen Substanz neben den Ganglienzellen vorkommenden Nervenfasern fast ausschliesslich grau und marklos sind. Der Farbenunterschied beider Substanzen fehlt daher beim *Amphioxus* und den *Cyclostomen*, welche noch keine markhaltigen Nervenfasern haben, ohne dass die Architectonik des Rückenmarks im Princip eine andere wäre. — Die graue Substanz umgiebt zunächst den Centralcanal, ragt dann aber noch weiter auf jeder Seite mit abgerundeten Vorsprüngen dorsal und ventral in die weisse Substanz hinein; sie erhält so die Gestalt eines H, dessen dorsale Schenkel

Rückenmark.

die Hinterhörner (*HH*), die ventralen die Vorderhörner (*VH*) heissen. Durch Vorder- und Hinterhörner wird die longitudinal gefaserte, weisse Substanz (*W*) jederseits wieder in drei Längsstränge zerlegt, die Seitenstränge (*S*) und die Vorder- und Hinterstränge (*V* u. *H*).

Rückenmarksnerven.

Eine segmentale Anordnung, wie sie am Bauchmark der *Anneliden* und *Arthropoden* so deutlich ist, kommt am Rückenmark selbst nicht zum Ausdruck, wohl aber in der Art, in welcher die Nerven aus ihm entspringen. Jedem Muskelsegment und somit den Grenzen von zwei aufeinander folgenden Rückenwirbeln entspricht ein „gemischter Nerv", welcher kurz nach seinem Austritt aus dem Rückgratskanal sich in einen dorsalen und ventralen Ast gabelt. Man nennt ihn einen gemischten Nerven, weil er aus der Vereinigung und Vermengung zweier Wurzeln entsteht, einer dorsalen oder hinteren (*HW*), die nur sensible Nervenfasern enthält, und einer ventralen oder vorderen (*VW*), die nur motorische Nervenfasern führt. Die sensible, dorsale Wurzel empfängt ihre Nerven aus dem Hinterhorn der grauen Substanz, die motorische, ventrale Wurzel dagegen aus dem Vorderhorn. Da, wo beide Wurzeln sich vereinigen, findet sich eine ovale, Ganglienzellen enthaltende Anschwellung, das Spinalganglion, welches aber ausschliesslich der dorsalen Wurzel angehört.

Gehirn.

Der zweite Abschnitt des Nervensystems, das Gehirn, ist viel complicirter gebaut als das Rückenmark und kann nur auf entwicklungsgeschichtlichem Wege verständlich gemacht werden, wesshalb man auch die Eintheilung desselben auf entwicklungsgeschichtliche Thatsachen basirt. Ehe noch die Medullarplatten sich vollkommen geschlossen haben, zeigen sie in der Kopfregion 3 Ausbuchtungen, welche beim Verschluss 3 Blasen bilden, die Vorderhirn-, Mittelhirn- und Hinterhirnblase. Auf das Stadium mit drei Hirnblasen folgt noch ein weiteres, allen cranioten Wirbelthieren gemeinsames Stadium mit fünf Hirnblasen, indem das Hinterhirn sich in das Kleinhirn und Nachhirn sondert, das Mittelhirn unverändert bleibt, das Vorderhirn wiederum das Grosshirn und das Zwischenhirn liefert. (Fig. 473, 474.) Das Grosshirn ist von Anfang kein einheitliches Gebilde, sondern besteht aus einer linken und rechten Hälfte, deren Trennung schon auf dem Stadium der drei Hirnblasen durch eine Einbuchtung am vorderen Ende angedeutet ist.

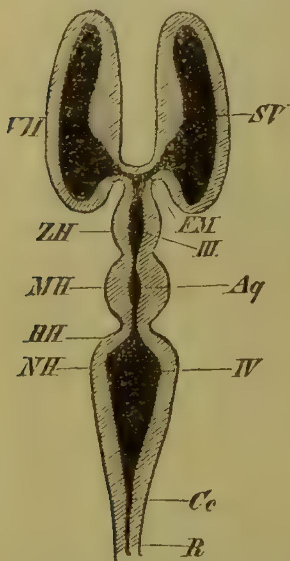


Fig. 473. Schema des Wirbelthierhirns (aus Wiedersheim). *VH* Vorderhirn (Grosshirn), *ZH* Zwischenhirn (Thalami optici). *MH* Mittelhirn (Corpora quadrigemina), *HH* Hinterhirn (Kleinhirn), *NH* Nachhirn (Medulla oblongata), *SV* Seitenventrikel, III, IV dritter und vierter Ventrikel, *FM* Foramen Monroi (Verbindung der Seitenventrikel mit dem III. Ventr.), *Aq*. Aquaeductus Sylvi, *R* Rückenmark mit Centralcanal (*Ce*).

Führen wir jetzt die Ausdrücke der menschlichen Anatomie für die einzelnen Hirnabschnitte ein, so besteht die erste Hirnblase (*HV*) aus den beiden Grosshirnhemisphären, deren dorsale und seitliche Wandungen sich meist stark verdicken und das Pallium heissen, während zwei Anschwellungen an der Basis links und rechts die Corpora striata (Fig. 474 *Cs*) genannt werden. Vom vorderen Abschnitte jeder Grosshirnhemisphäre sondert sich stets noch ein besonderer Theil ab, der Lobus olfactorius (Fig. 474 *Olf*), welcher den Nervus olfactorius zum Geruchsorgan

abgiebt. Da nun das Geruchsorgan meist durch einen weiten Zwischenraum vom vorderen Hirnende getrennt ist, muss entweder der Nervus olfactorius lang ausgezogen sein wie bei den *Amphibien* (Fig. 512), oder der Lobus olfactorius muss sich strecken, wie z. B. bei den *Haien* (Fig. 497). Im letzteren Falle liegt das angeschwollene Ende des Lobus der Geruchsschleimhaut dicht an und bleibt mit dem Hirn durch einen Stiel in Verbindung. Man nennt dann den Stiel Tractus, die Anschwellung Bulbus olfactorius; beide müssen als Hirntheile sehr wohl vom Nervus olfactorius unterschieden werden.

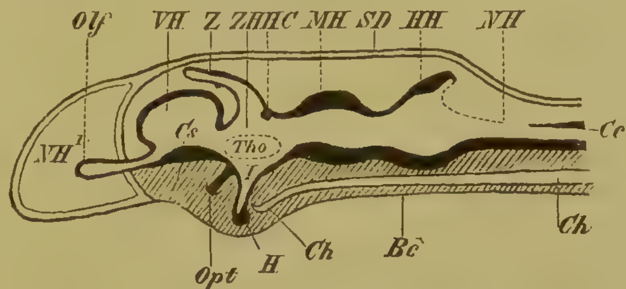


Fig. 474. Schema eines Sagittalschnitts durch das Wirbelthierhirn und seine Umgebung (aus Wiedersheim). *VH, ZH, MH, HH, NH* = Vorder-, Zwischen-, Mittel-, Hinter-, Nachhirn. *Olf* Lobus olfactorius; *Z* Zirbeldrüse, *HC* hintere Commissuren der Thalami optici (*Tho*), *I* Infundibulum, *H* Hypophysis, *Cs* Corpus striatum, *Opt* Opticus, *NH*[1] Nasenhöhle, *Ch* Chorda, *Bc* Basis cranii, *Sd* Schädeldecke, *Cc* Centralcanal des Rückenmarks.

Einfacher ist die Anatomie der zweiten Hirnblase (*ZH*); nur die Seitenwandungen derselben verdicken sich und liefern die unmittelbar an die Corpora striata anschliessenden Thalami optici; die Decke bleibt dagegen unentwickelt, eine dünne Epithelschicht, die man früher ganz unberücksichtigt liess, so dass man von einer in das Lumen des Hirns einleitenden Oeffnung, einem „vorderen Hirnschlitz" sprechen konnte. Schwach entwickelt ist auch die Basis zwischen den Thalami optici; sie ist zugleich zu einem Trichter, dem Infundibulum, nach abwärts ausgestülpt. — Die dritte Hirnblase zeigt ein allseitiges Wachsthum, durch welches ihr Lumen auf einen engen Canal, den Aquaeductus Sylvii, reducirt wird. Eine Längskerbe sondert die Decke meist in eine linke und rechte Wölbung; sie wird bei den *Säugethieren* noch von einer queren Furche gekreuzt, woraus sich der Name „Vierhügel", „Corpora quadrigemina", der menschlichen Anatomie erklärt. — Die Besprechung der vierten Hirnblase setzt die Kenntniss der fünften, des Nachhirns, voraus. Das Nachhirn heisst verlängertes Mark, weil es aus der Verlängerung des Rückenmarks hervorgeht und in vieler Hinsicht die Structurverhältnisse desselben fortführt. Es unterscheidet sich äusserlich von ihm, indem es nach vorn allmählig sich verbreitert und unter Bildung des hinteren Hirnschlitzes zugleich seine Decke verliert. Auch hier würde man richtiger sagen, dass die Decke des Medullarrohrs auf ein dünnes Epithelhäutchen reducirt ist. Vor dem Hirnschlitz liegt das Kleinhirn, vielfach nur eine dünne, quer ausgespannte Marklamelle. Häufiger jedoch ist es ein ansehnlicher Hirntheil und bildet einen medianen Wulst (den Wurm), an dem noch zwei seitliche Hervorwölbungen, die Kleinhirnhemisphären, ansitzen können.

Bei dem wechselvollen Schicksal, welches in der Hirngegend die Wandung des Neuralrohrs erfährt, muss auch das Lumen desselben, der Neuralcanal, ein verschiedenes Aussehen bieten. Ausdehnung der Hirnabschnitte führt zu Ausweitungen des Lumens, zur Bildung der Hirnventrikel, deren man im Ganzen vier unterscheidet. Der erste und zweite Hirnventrikel sind symmetrische Bildungen, die Hohlräume, welche sich in den beiden Grosshirnhemisphären befinden; sie sind so-

mit aus dem Lumen der ersten Hirnblase hervorgegangen. Der dritte Ventrikel liegt zwischen den Thalami optici und entspricht dem zweiten Hirnbläschen. Da das Lumen des dritten Hirnbläschens zum Aquaeductus Sylvii eingeschrumpft ist, kommt der vierte Ventrikel in die Region der vierten Hirnblase zu liegen und erstreckt sich ohne Abgrenzung in das Bereich der fünften Hirnblase hinein fort; nach seiner Gestalt heisst er Sinus rhomboidalis oder Rautengrube.

Obwohl die besprochenen 5 Abschnitte bei allen Wirbelthieren mit Ausnahme des *Amphioxus* vorkommen, so ist doch das Aussehen des Hirns in den einzelnen Classen ein wesentlich verschiedenes, weil das Grössenverhältniss und damit auch die Gestalt der Theile ganz ausserordentlichen Schwankungen unterworfen ist. Bei den niederen Wirbelthieren sind Mittelhirn und Nachhirn unverhältnissmässig umfangreich, während das Grosshirn, manchmal auch das Kleinhirn an Masse unbedeutend ist. Am Grosshirn wiederum bleiben die Hemisphären im Wachsthum hinter den Corpora striata und den Lobi olfactorii zurück. Umgekehrt überflügeln bei den höheren Wirbelthierclassen das Grosshirn und das Kleinhirn die übrigen Abschnitte. Ganz besonders vergrössern sich proportional der Intelligenzzunahme die Grosshirnhemisphären; sie wachsen nach rückwärts und decken schliesslich beim *Menschen* und bei den *Affen* die übrigen Hirnabschnitte zu; sie dehnen sich auch nach vorn aus und verdrängen die ursprünglich das vordere Hirnende bezeichnenden Bulbi olfactorii nach der Basis. Um bei dem engbegrenzten Raum der Schädelhöhle eine möglichst ausgedehnte Entwicklung der Hirnrinde, welche der Sitz der Intelligenz ist, zu ermöglichen, faltet sich die Oberfläche zu Berg und Thal, den Gyri und Sulci, ein. Etwas Aehnliches vollzieht sich auch beim Kleinhirn, welches bei *Vögeln* und *Säugethieren* nächst dem Grosshirn der umfangreichste Hirnabschnitt ist.

Mit dem Zwischenhirn der Wirbelthiere hängen 2 rudimentäre Organe zusammen, von denen das eine dorsal an der Grenze der Vierhügel und Thalami optici, das andere ventral am Infundibulum lagert (Fig. 474), weshalb das erstere E p i p h y s i s, das zweite H y p o p h y s i s heisst. Da die Epiphysis bei manchen *Reptilien*, die Structur eines Auges hat und dann abgerückt vom Hirn und mit ihm nur durch den Epiphysenstiel verbunden in einer besonderen Oeffnung der Scheitelbeine unter der Haut liegt, hat sie den Namen „unpaares Parietalauge“ erhalten und wird, obwohl sie meist wie beim Menschen tief im Innern des Hirns lagert, als Rudiment eines dritten Auges gedeutet. Die Hypophysis dagegen entsteht nach Art einer Drüse als eine Ausstülpung der embryonalen Mundhöhle, der Mundbucht. Die so gebildete Hypophysentasche schnürt sich ab, vergrössert sich durch Knospung und verwächst mit nervösen Theilen, welche vom Ende des Infundibulum stammen, zu einem einheitlichen Körper. Vielleicht ist es dieselbe Drüse, welche man bei den *Ascidien* (S. 268) unter dem Ganglion findet, nur in rudimentärem Zustande.

Hirnnerven. Die Nerven, welche vom Hirn ausgehen, entspringen fast sämmtlich von der Hirnbasis, und zwar aus dem Bereich zwischen Mittelhirn und Rückenmark, namentlich von der Medulla oblongata. Von dieser Regel machen nur der N. olfactorius und N. opticus eine Ausnahme, von denen der eine vom Grosshirn, der andere vom Zwischenhirn kommt. Beide Nerven unterscheiden sich aber auch sonst von den peripheren Nerven, der N. opticus so sehr, dass er überhaupt nicht als ein peripherer Nerv angesehen werden darf. Wie seine Entwicklungsgeschichte lehrt,

ist er ein Hirntheil. Indem wir, dem Gebrauche folgend, hier den Opticus und Olfactorius zu den Hirnnerven rechnen, haben wir für fast sämmtliche Wirbelthiere die 12 aus der menschlichen Anatomie bekannten Nerven aufzuzählen: 1. N. olfactorius; 2. N. opticus; 3. N. oculomotorius; 4. N. trochlearis; 5. N. trigeminus; 6. N. abducens; 7. N. facialis; 8. N. acusticus; 9. N. glossopharyngaeus; 10. N. vagus; 11. N. hypoglossus; 12. N. accessorius. Nur bei den *Fischen* und *Amphibien* entspringen die Fasern des Hypoglossus noch nicht aus dem Hirn, wie hier auch der N. accessorius noch nicht so deutlich individualisirt ist wie bei den *Säugethieren*.

Da unzweifelhaft im Kopf der Wirbelthiere zahlreiche, verwachsene Körpersegmente enthalten sind, mindestens so viele als Visceralbögen, wahrscheinlich aber noch mehr, so entsteht die Frage, ob man auch an den Hirnnerven die für die Rückenmarksnerven so deutliche segmentale Anordnung nachweisen kann. Hieran reiht sich die weitere Frage, ob das Schema, nach welchem ein gemischter Nerv sich aus einer dorsalen, sensiblen und einer ventralen, motorischen Wurzel bildet, auf die Hirnnerven ebenfalls übertragbar ist. Beide Probleme sind in der Neuzeit viel erörtert worden, sind jedoch von einer endgiltigen Entscheidung weit entfernt. Als feststehend kann nur angesehen werden, dass die jetzigen Hirnnerven mit Ausnahme von Opticus und Olfactorius aus vielfältiger Umgruppirung segmentaler Nerven hervorgegangen sind. Dagegen ist es immer zweifelhafter geworden, ob für die segmentalen Urnerven des Kopfes das Princip des doppelten Ursprungs aus dorsalen und ventralen Wurzeln Geltung besessen hat.

Sympathicus.

Ausser dem Körpernervensystem haben die Wirbelthiere noch ein besonderes, die Eingeweide versorgendes Nervensystem, den S y m p a t h i c u s, und in demselben ein besonderes Centralorgan, den „Grenzstrang". Letzterer besteht aus einer doppelten Reihe kleiner Ganglienknötchen, die nach Art eines Strickleiternervensystems durch Längs-, seltener durch Quercommissuren verbunden sind und links und rechts unter der Wirbelsäule hinziehen. Das letzte Ganglion des Grenzstrangs liegt an der Basis der Schwanzwirbelsäule, das oberste am vordersten Halsende; von letzterem dringen sympathische Fädchen an die Basis des Kopfes vor, auch dort mit Knötchen (Ganglion oticum, G. sphenopalatinum) in Verbindung tretend. Vom Grenzstrang aus gehen die Nerven in Form zierlicher, mit Vorliebe die Blutgefässe begleitender Geflechte (Plexus sympathici) an die vegetativen Organe (Darm, Geschlechtsapparat etc.) heran.

Sinnesorgane.

Bei der D e u t u n g d e r S i n n e s o r g a n e der Wirbelthiere bewegen wir uns auf viel sichererer Grundlage, als bei den übrigen Thierstämmen, da die grosse Aehnlichkeit mit den Sinnesorganen des Menschen im Allgemeinen gestattet, die eigenen Erfahrungen bei der Deutung zu verwerthen. Die T a s t o r g a n e machen hiervon freilich eine Ausnahme, da dieselben nur bei den Landbewohnern, dagegen nicht bei den Fischen den betreffenden menschlichen Einrichtungen gleichen. Die Tastorgane des *Menschen*, der übrigen *Säugethiere*, *Vögel*, *Reptilien* und *Amphibien* haben das Eigenthümliche, dass die Nerven nicht in Epithelzellen enden, sondern an besonderen Tastzellen der Lederhaut, welche entweder isolirt im Bindegewebe liegen (*Amphibien*, *Reptilien*) oder zu Gruppen vereint die Tastkörperchen erzeugen (*Vögel*, *Säugethiere*). (Fig. 475). Die Tastkörperchen haben die Gestalt ovaler Kolben und sind in besondere Papillen der Lederhaut eingebettet.

Ihnen gleichen in ihrer Form und Lagerung die Vater-Pacini'schen Körperchen, welche sich in ihrer feineren Structur allerdings wesentlich unterscheiden (Fig. 75, S. 98) und, da sie auch in inneren Organen (Mesenterium der Katze) vorkommen, in ihrer Function noch gänzlich räthselhaft sind. Neben diesen mesodermalen Nervenendigungen finden sich bei allen Wirbelthieren intraepitheliale Nervenverästelungen, wie sie am schönsten an der Hornhaut des Auges und bei Thieren mit empfindlicher Schnauze, wie *Schwein* und *Maulwurf*, an dieser zu beobachten sind. Auch hier gehen die feinsten Nervenausläufer nicht in Epithelzellen über, sondern enden zwischen ihnen mit kleinen Knöpfchen.

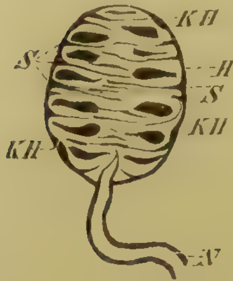


Fig. 475. Tastkörperchen aus der Vogelzunge. *N* zutretender Nerv, *H* äussere Hülle, *KH* Kerne derselben, *S* Scheidewände,

Den *Fischen* fehlen Tastzellen, Tastkörperchen und Kolbenkörperchen; dafür ist ihre Haut mit Sinnesorganen ausgerüstet, in denen ein typisches Sinnesepithel nachweisbar ist. Die Hautnerven treten aus der Lederhaut in die Epidermis über und enden an ovalen Körperchen, die zwar in ein vielschichtiges Epithel eingebettet sind, selbst aber aus einer einzigen Lage von Sinneszellen bestehen. Nach der Structur der letzteren unterscheidet man Nervenendhügel und Nervenendknospen. Erstere sind die specifischen Elemente der später zu besprechenden Seitenorgane der *Fische* und der Wasser bewohnenden *Amphibien* und Amphibienlarven und scheinen somit besondere, für den Wasseraufenthalt wichtige Empfindungen zu vermitteln, wesshalb man auch von Organen eines sechsten (dem Menschen fehlenden) Sinnes gesprochen hat. Letztere drängen sich namentlich in der Umgegend der Mundöffnung zusammen, an den Lippen und Barteln. Indem nun die Nervenendknospen auch in der Mundschleimhaut der *Fische*, speciell in dem den Gaumen überziehenden Theil vorkommen, leiten sie uns zu den Geschmacksorganen über. Vollkommen gleichen Bau wie die Nervenendknospen der Fischhaut zeigen die Geschmacksknospen (Schmeckbecher), welche zuerst bei *Säugethieren* entdeckt wurden. Sie haben ihren Lieblingssitz am Grund der Zunge in den Wandungen der Papillae circumvallatae des *Menschen*, der grossen Papillae foliatae der *Nagethiere* etc.; sie sind in allen Classen der Wirbelthiere wiedergefunden worden.



Fig. 476. Querschnitt durch die Geruchsschleimhaut eines Fisches (Belone). *e* Epithel, *k* Geruchsknospen, *n* zutretende Nerven (aus O. Hertwig nach Blaue).

Nase. Die Nervenendknospen der Haut leiten ferner zu den Geruchsorganen über. Die Riechschleimhaut vieler *Fische* ist noch ein vielschichtiges Epithel mit dicht neben einander gelagerten Nervenendknospen. (Fig. 476.) Durch Schwund der trennenden Brücken gewöhnlichen Epithels schliessen die Nervenendknospen zu einem continuirlichen Sinnesepithel zusammen, wie es von den *Amphibien* an aufwärts bei sämmtlichen Wirbelthieren vorkommt. — Das von Riech-

epithel ausgekleidete Geruchsorgan, die Nase, hat nun ebenso wie Auge und Gehör durch den Grad der Vervollkommnung, den es erreicht, sowie durch die dabei zu Tage tretenden, systematisch wichtigen Unterschiede ein besonderes Interesse. Mit Ausnahme der *Cyclostomen* und des *Amphioxus*, welche einen unpaaren Nasensack haben, haben alle Wirbelthiere eine paarige Nase. Bei ausgebildeten *Fischen* und bei den Embryonen von *Reptilien*, *Vögeln* und *Säugethieren* liegen vor der Mundöffnung zwei Grübchen, entweder vollkommen isolirt für sich oder nur durch eine Rinne der Haut mit der Mundhöhle verbunden. (Fig. 503, 504.)

Wenn die Wirbelthiere auf das Land übergehen und die Kiemenathmung mit der Lungenathmung vertauschen, erhält die Nase die weitere Bedeutung eines Luft zuleitenden Canals; sie wandelt sich zu diesem Zweck in eine Röhre um, welche mit der einen Oeffnung auf der Haut beginnt, mit der zweiten Oeffnung, der Choane, in die Mundhöhle führt. In der dorsalen Wand der Röhre ist das eigentliche Riechsäckchen eingebettet. (Fig. 477.) Die innere Oeffnung liegt bei *Amphibien*, *Eidechsen*, *Schlangen* und *Vögeln* weit vorn hinter der Kieferreihe; bei *Crocodilen*, *Cheloniern* und *Säugethieren* ist dagegen die Choane an der Schädelbasis rückwärts verlagert, bei den *Crocodilen* bis in die Nähe der Wirbelsäule. Diese Verlagerung wird durch die Entwicklung des harten Gaumens herbeigeführt, einer Scheidewand, welche die primitive Mundhöhle in zwei Etagen theilt, eine untere, die bleibende oder secundäre Mundhöhle, und eine obere, welche als secundäre Nasenhöhle zum Nasencanal hinzugeschlagen wird und denselben nach rückwärts verlängert. Am harten Gaumen betheiligen sich die anliegenden Knochen der Maxillar- und Palatinreihe, indem Intermaxillare, Maxillare, Palatinum, selten auch die Pterygoidea horizontale Gaumenfortsätze aussenden, die von rechts und links ausgehen und in der Mittellinie zusammenstossen.

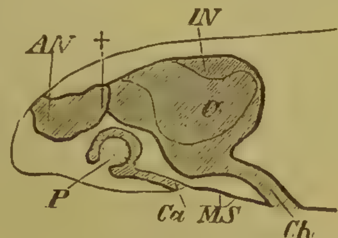


Fig. 477. Schema der Nase einer Eidechse (Sagittalschnitt). *AN* äussere, *IN* innere Nasenhöhle, † Verbindung beider, *C* Nasenmuschel, *CH* Choane, *MS* Mundschleimhaut, *P* Jacobson'sches Organ, *Ca* Canal desselben zur Mundhöhle (nach Wiedersheim).

Eine weitere Vergrösserung der Nasenhöhle wird herbeigeführt erstens durch complicirte Faltungen der Wand, die von besonderen Skeletstücken, den Nasenmuscheln, gestützt werden, zweitens durch Ausstülpung lufthaltiger, mit Schleimhaut ausgekleideter Räume, welche in die benachbarten Knochen eindringen; so bilden sich nach oben die Sinus frontales im Stirnbein, nach rückwärts die Sinus sphenoidales in dem Keilbein, nach aussen das Antrum Highmori im Oberkiefer. Umgekehrt kann von der primitiven Nase ein Theil des Hohlraums mit einem Theil der Geruchsschleimhaut abgeschnürt werden und eine vollkommen selbständige Nebennase bilden, welche dicht hinter dem Oberkiefer in die Mundhöhle mittelst der „Stensonschen Gänge“ mündet. Diese Nebennase, das Jacobson'sche Organ (Fig. 477 *P*), ist am schönsten entwickelt bei *Eidechsen* und *Wiederkäuern*, aber auch bei anderen Wirbelthieren vielfach noch als Rudiment zu finden.

Das Auge der Wirbelthiere zeigt nur beim *Amphioxus* eine auffallend niedrige und in Folge dessen doppelt bedeutsame Entwicklungsstufe; es ist ein unpaarer Pigmentfleck ohne Linse, welcher wie das Auge der Ascidienlarven in der Wandung des Hirns selbst liegt. Auge.

Bei allen übrigen Wirbelthieren dagegen — mit Ausnahme von *Myxine* und wenigen im Dunkeln lebenden Formen mit degenerirten Augen — finden wir dieselben Hauptbestandtheile, welche dem Sehorgan des Menschen zukommen und in der allgemeinen Zoologie schon eine kurze Darstellung gefunden haben. (Fig. 80, S. 101.) Daselbst haben wir das Auge kennen gelernt als einen bei den meisten Wirbelthieren nahezu kugeligen Körper, der an seinem hinteren Ende am Sehnerven wie an einem Stiele festsitzt, dessen Centrum von durchsichtigen, lichtbrechenden Substanzen, Linse, Glaskörper (Corpus vitreum) und Flüssigkeit (Humor aqueus) eingenommen wird, dessen Peripherie aus 3 concentrisch wie Zwiebelschalen angeordneten Membranen besteht. Die äusserste Membran ist die derbe, schützende Sclera, welche im vorderen Abschnitt durchsichtig wird, eine stärkere Krümmung bekommt und so die Cornea liefert. Die zweite Membran ist die blutgefäss- und pigmentreiche Chorioidea, die an der Grenze von Sclera und Cornea sich zur Iris umwandelt. Die innerste Membran ist die Netzhaut oder Retina, deren Bau und Lagerung für das Wirbelthierauge besonders charakteristisch ist.

Entwicklungsgeschichtlich besteht die Retina (Fig. 79, S. 100) aus 2 Abschnitten, der Retina im engeren Sinne und dem früher zur Chorioidea gerechneten Tapetum nigrum; erstere lässt weiterhin folgende Schichten erkennen: 1. Limitans interna; 2. Nervenfaserschicht; 3. Ganglienzellenschicht; 4. innere granulirte oder reticulirte Schicht; 5. innere Körnerschicht; 6. äussere granulirte oder reticulirte Schicht; 7. äussere Körnerschicht; 8. Limitans externa und 9. Stäbchen- und Zapfenschicht. Die beiden Limitantes sind die Grenzmembranen der embryonalen Retina. Nur die Grenze der L. externa wird später überschritten, indem die dem Embryo bei der Geburt häufig noch fehlenden Stäbchen und Zapfen über sie hervortreten. Zwischen beiden Grenzmembranen spannen sich die Müller'schen Fasern (*m*) aus, lange Stützzellen, wie sie auch in anderen Sinnesepithelien vorkommen, deren Kerne im Bereich der inneren Körner liegen, deren Stützfunction noch verstärkt wird von dem feinen Horngerüst der beiden reticulirten Schichten. In diesen Stützapparat sind die nervösen Elemente eingebettet, welche man am besten versteht, wenn man vom Nervus opticus ausgeht. Derselbe strahlt in die Nervenfaserschicht aus und tritt auf dem Weg nach seinen Endapparaten, den Sehzellen, zweimal mit Ganglienzellen in Verbindung, von denen die einen der Ganglienzellenschicht angehören, die anderen der Schicht der sogenannten inneren Körner; denn letztere sind ebenfalls Ganglienzellen, soweit sie nicht als Kerne dem stützenden Gerüst zuzurechnen sind. Ein grosser Theil der Retinaschichten (die Schichten 1—6) ist somit als Ganglion opticum aufzufassen, wie es auch bei *Mollusken* und *Arthropoden* vorkommt, hier aber stets ausserhalb des Auges liegt. Das Sehepithel selbst (die Retina in dem Sinne, wie wir den Ausdruck bei Arthropoden, Mollusken und Würmern gebrauchen) besteht nur aus zwei Schichten, der Schicht der äusseren Körner und der Stäbchen- und Zapfenschicht. Die äusseren Körner sind die Kerne ausserordentlich dünner, fadenförmiger Epithelzellen (Stäbchen- und Zapfenfasern), die an ihrem peripheren Ende die Rhabdome tragen. Bezeichnend für den vollkommenen Bau des Wirbelthierauges ist es, dass zweierlei Rhabdome vorkommen (Stäbchen und Zapfen) und dass jedes derselben wieder aus 2 Stücken besteht, dem Aussen- und Innenglied. — In und zwischen den Sehzellen fehlt

jegliches Pigment, da dieses für den Sehact so wichtige Material der Retina der Wirbelthiere durch eine besondere Schicht, das oben genannte Tapetum nigrum, geliefert wird. Das Tapetum ist eine Lage grosser sechseckiger Epithelzellen, welche auf den Spitzen der Stäbchen und Zapfen aufliegen und letztere mit feinen pseudopodienartigen Ausläufern umstricken. Da Zellkörper und Ausläufer an schwarzen Pigmentkörnern überaus reich sind, werden die Rhabdome in einen dichten Pigmentmantel eingehüllt.

Haben wir schon in dem gesonderten Auftreten einer Pigmentschicht und weiterhin in der Verschmelzung des Ganglion opticum mit dem Sehepithel wichtige Unterschiede des Wirbelthierauges von den Augen der Evertebraten, namentlich von dem sonst so ähnlichen Auge der *Cephalopoden* kennen gelernt, so haben wir nunmehr noch die auffälligste Differenz nachzutragen, indem wir die Art betrachten, in welcher die Retina in das Wirbelthierauge eingefügt ist. Die Retina grenzt mit ihrer Limitans interna und Opticusfaserschicht an den Glaskörper, mit der Stäbchen- und Zapfenschicht, sowie mit dem Tapetum nigrum an die Chorioidea. Der durch die lichtbrechenden Medien einfallende Lichtstrahl tritt somit vom Glaskörper zunächst an das Ganglion opticum heran und gelangt erst, nachdem er dasselbe passirt hat, an die Schicht der Sehzellen; hier trifft er zuletzt auf die Rhabdome, welche er von der Basis nach der Spitze durchläuft. Bei fast allen Wirbellosen, namentlich den *Cephalopoden*, gelangt der Lichtstrahl umgekehrt direct an die peripheren Enden der Rhabdome. Die Rhabdome der *Cephalopoden* sind dem Lichte zugewandt, die der *Wirbelthiere* dem Lichte abgewandt.

Diese vom Gewöhnlichen abweichende, functionell unzweckmässige und unnatürliche Lagerung der Retina erklärt sich aus der Entwicklungsweise des Wirbelthierauges. Dasselbe kann nach seiner Entstehung in 2 Theile zerlegt werden, einen cerebralen Theil (Opticus, Retina, Tapetum nigrum) und einen peripheren (alles Uebrige). Wie das Auge des *Amphioxus* und der *Ascidien* dauernd einen Theil des Hirns ausmacht, so ist die Retina bei allen übrigen Wirbelthieren wenigstens genetisch ein Theil des Hirns und zwar der ersten primitiven Hirnblase. Zwei Ausstülpungen derselben, die man später im Zusammenhang mit dem Zwischenhirn sieht, schnüren sich ab zu Hohlkugeln, den primitiven Augenblasen, welche durch einen Stiel, die Anlage des Opticus, mit dem Hirn verbunden bleiben. (Fig. 478.) Die primitiven Augenblasen werden bis unter die Haut vorgeschoben und hier in die secundären Augenblasen, die Augenbecher, verwandelt, indem unter gleichzeitiger Bildung der Linse und des Glaskörpers die vordere und untere Wand so tief eingestülpt wird, dass sie die Hinterwand berührt. Letztere, die Aussenwand des so geschaffenen doppelwandigen Bechers, ist das Tapetum nigrum, erstere, zugleich die Innenwand, ist die Netzhaut selbst. Achtet man genau auf die Lage der Epithelzellen in der embryonalen Netzhaut, so

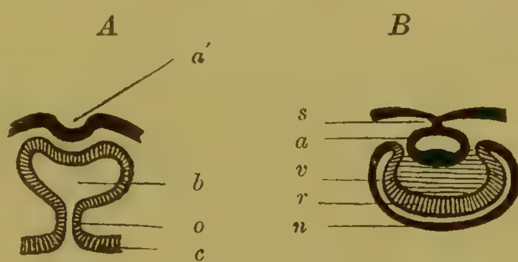


Fig. 478. Entwicklung des Auges (Schema nach O. Hertwig.) *A*. Primäre Augenblase (*b*) steht durch den Opticus (*o*) mit dem Hirn (*c*) in Verbindung und wird durch die Linse (*a'*) zum secundären Augenbecher eingestülpt. *B*. Secundäre Augenblase (Augenbecher), *r* Retina (vordere, innere Wand), *n* Tapetum nigrum (hintere, äussere Wand des Bechers), *v* Corpus vitreum, *a* Linsensäckchen, *s* Stiel, welcher es mit der Haut noch verbindet.

müssen die peripheren Enden derselben, welche früher das Lumen des Hirns begrenzen halfen, jetzt die Anlage des Tapetum berühren und, wenn sie Rhabdome ausscheiden, mit diesen in die Tapetalschicht hineinwachsen. — Im Gegensatz zur Retina bildet sich die Linse durch Einstülpung aus dem Körperepithel, Sclera, Cornea und Glaskörper aus dem an das Integument angrenzenden Bindegewebe. So sehen wir, dass das Auge der Wirbelthiere in seinem wichtigsten Abschnitt aus dem Hirn stammt und erst später mit Hilfsapparaten, die an der Oberfläche des Körpers entwickelt werden, in Verbindung getreten ist. Dagegen entsteht das Auge bei allen wirbellosen Thieren mit allen seinen, gleich von Anfang an harmonisch in einander gefügten Theilen in der Haut.

Das Auge der Wirbelthiere ist noch weiter mit Hilfsapparaten ausgestattet, mit Muskeln, welche es bewegen, mit Augenlidern, welche die leicht verletzliche und namentlich an der Luft durch Trockenheit leidende Cornea beschützen. Die Augenlider sind Hautfalten, die sich von oben oder von unten über den Bulbus herüberlegen (oberes und unteres Augenlid). Dazu kann noch eine dritte Hautfalte kommen, die Nickhaut oder Membrana nictitans; sie entspringt, bedeckt von dem oberen und unteren Augenlid, im inneren Augenwinkel und kann von hier aus nach aussen und oben über den Bulbus ausgebreitet werden. Eine besondere Drüse am äusseren Augenwinkel, die Thränendrüse, liefert der Oberfläche des Auges die nöthige Feuchtigkeit; eine zweite Drüse, die Harder'sche Drüse, gehört dem inneren Augenwinkel an und ist in ihrem Vorkommen an die Anwesenheit der Nickhaut gebunden.

Gehörorgan. Mit dem Auge wetteifert an Leistungsfähigkeit und an Vollkommenheit des Baues das weiter rückwärts auf der Höhe der Medulla oblongata gelagerte Gehörorgan. Dasselbe bietet nur in seiner ersten Anlage Anknüpfungspunkte an die Hörorgane der wirbellosen Thiere, indem es als eine grubenförmige Einsenkung der Haut entsteht, welche sich meist zu einem vollkommen geschlossenen Bläschen abschnürt und nur selten dauernd auf der Körperoberfläche durch einen engen Gang (Ductus endolymphaticus) ausmündet. Frühzeitig nimmt das Bläschen eine sehr complicirte Gestalt an, so dass man es häutiges Labyrinth nennt; es zerfällt durch eine Einschnürung in einen vorderen unteren und einen hinteren oberen Abschnitt, den Sacculus und den Utriculus, welche bei den *Säugethieren* (Fig. 77) nur durch den engen Ductus utriculo-saccularis in Verbindung bleiben. An jedem dieser Abschnitte bilden sich Anhänge aus, am Utriculus die halbzirkelförmigen Canäle, am Sacculus die Schnecke (Fig. 479). Die halbzirkelförmigen Canäle sind Röhren, welche mit dem einen Ende vom Utriculus ausgehen und nach Beschreibung eines Halbkreises mit dem anderen Ende wieder in ihn zurückführen; an einem Ende haben sie eine Anschwellung, die Ampulle, in welcher sich eine besondere Endigung des Hörnerven, eine Crista acustica, findet. Man unterscheidet nach ihrer Lage 3 Canäle: einen äusseren horizontalen, einen vorderen verticalen (sagittalen) und einen hinteren verticalen (frontalen), von denen die beiden verticalen am ampullaren Ende getrennt, am anderen Ende verschmolzen sind. Im Gegensatz zu den halbzirkelförmigen Canälen hat die Schnecke die Gestalt eines Blindsackes, welcher, so lange er kurz ist, wegen seiner flaschenartigen Form Lagena heisst, wenn er aber in die Länge wächst, sich in 3—5 Spiraltouren aufwickelt und dadurch eine grosse Aehnlichkeit mit einem Schneckengehäuse erhält. In ganzer Länge ist ein

Streifen des den Blindsack auskleidenden Epithels in ein Sinnesepithel, das Corti'sche Organ, verwandelt.

Das häutige Labyrinth ist ganz oder theilweise in die Seitenwand des Schädels, in die gewöhnlich zum Petrosum oder zu den Otica verknöcherte Gehörkapsel eingebettet. Bei *Säugethieren* und *Vögeln* ist seine Einbettung eine so vollkommene, dass seine Gestalt von den Hohlräumen im Knochen genau wiederholt wird. Indessen werden die Lumina des sogenannten knöchernen Labyrinths von dem häutigen nicht gänzlich ausgefüllt, da zwischen beiden Wandungen ein System von Lymphspalten erhalten bleibt. Besonders regelmässig ordnen sich die lymphatischen Räume bei der Schnecke an, indem sie zwei nur an der Spitze der Schnecke zusammenhängende Canäle bilden, die zu beiden Seiten der häutigen Schnecke (Ductus cochlearis) hinziehen und Scala tympani und Scala vestibuli heissen. Im knöchernen Labyrinth sind somit zweierlei Hohlräume und demgemäss auch zweierlei Flüssigkeiten vorhanden: das Innere des häutigen Labyrinths wird von der Endolymphe gefüllt, die umgebenden Lymphspalten von der Perilymphe.

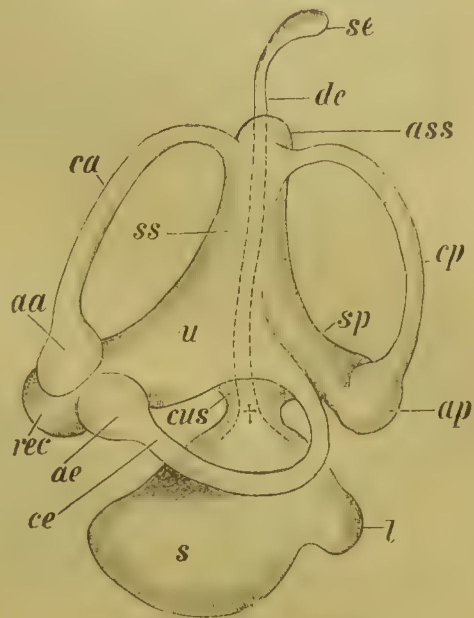


Fig. 479. Schema des häutigen Labyrinths eines Fisches. *u* Utriculus mit den halbzirkelförmigen Canälen: *ca* vorderem, *cp* hinterem, *ce* äusserem; *aa*, *ap*, *ae* die zugehörigen Ampullen; *ss*, *sp* oberer und hinterer Sinus Utriculi, *rec* Recessus utriculi; *s* Sacculus, *l* Lagena (Schnecke), *cus* Canal zwischen Sacculus und Utriculus, † Abgangsstelle des Ductus endolymphaticus *dc*, *se* dessen Endanschwellung (aus Wiedersheim).

Kein Sinnesapparat zeigt so mannichfaltige Stufen der Vervollkommnung, wie das Gehörorgan. Zahlreiche Uebergangsformen verbinden zwischen dem ungetheilten Hörbläschen mit e i n e m halbzirkelförmigen Canal, wie es bei *Myxine* vorkommt, und dem complicirten Labyrinth der *Säugethiere*. Zu diesen Vervollkommnungen, die sich am Hörbläschen selbst abspielen, gesellen sich noch weiter die Verbesserungen der Hilfsapparate, welche mindestens das gleiche Interesse wie jene beanspruchen können.

Hilfsapparate sind bei den *Fischen* vermöge ihres Aufenthalts im Wasser überflüssig, da die Schallwellen aus dem Wasser leicht in die wasserreichen Gewebe des Körpers übertreten und daher unmittelbar zu den Endorganen des Hörnerven fortgeleitet werden können. Dagegen werden Hilfsapparate beim Uebergang der Wirbelthiere zum Landleben nöthig. Der grosse Dichtigkeitsunterschied zwischen der Luft und den Wirbelthiergeweben bringt es mit sich, dass die Schallwellen nur in ganz unbedeutendem Maasse aus jener in diese fortgeleitet werden. Da somit die bei den Fischen vorhandene Schallleitung durch die Gewebe für die praktische Verwerthung ganz in Wegfall kommt, müssen besondere S c h a l l l e i t e n d e A p p a r a t e geschaffen werden, sofern nicht das Gehörorgan vollkommen functionsunfähig werden soll; und so finden wir denn von *Amphibien* an aufwärts einen Luftcanal, den Gehörgang, ferner ein Trommelfell, welches die Schall-

schwingungen auffängt, und mit demselben in Verbindung endlich Gehörknöchelchen, welche die Schwingungen auf das Labyrinth übertragen.

Um diese Bildungen morphologisch zu verstehen, müssen wir uns vergegenwärtigen, dass das Gehörorgan zwischen Kiefer- und Zungenbeinbogen lagert, in der dorsalen Wandung eines oben schon kurz erwähnten Canals, welcher von der Oberfläche des Körpers in den Rachen führt. Der Canal heisst bei den *Fischen* das Spritzloch und ist das Rudiment einer Kiemenspalte; aus ihm entsteht bei landbewohnenden

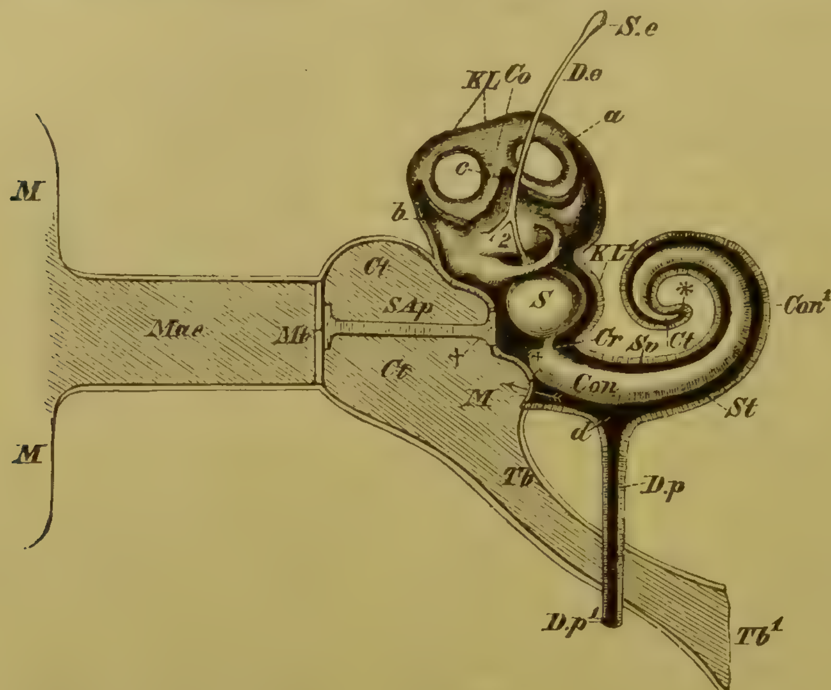


Fig. 480. Schema des Gehörorgans des Menschen. I. Schallleitender Apparat: *M* Ohrmuschel, *Mae* Meatus auditorius externus, *Mt* Membrana tympani, *Ct* Cavum tympani, *Tb* Tuba Eustachii, *Tb'* Mündung in den Pharynx. *SAp* Reihe der Gehörknöchelchen (als ein Stück gezeichnet), † Einfügung derselben in die Fenestra ovalis, *M* die die Fenestra rotunda schliessende Membran. II. Knöchernes Labyrinth (*Kl, Kl'*) mit eingelagertem häutigen Labyrinth, dazwischen schwarz die Perilymphe (*d*), *S* Sacculus, *Con* Ductus cochlearis, zwischen beiden *Cr* Canalis reuniens, *Con'* knöcherne Schnecke, *Ct* Cupula terminalis Ende der Schnecke, *Sv*, *St* Scala vestibuli und Sc. tympani, * Uebergang beider, *Dp* Ductus perilymphaticus. 2 Utriculus mit dem horizontalen Canalis semicircularis und den beiden verticalen C. semic. *a* u. *b*, *c* Verbindung derselben, *Co* die gleiche Verbindung im knöchernen Labyrinth, *De* Ductus endolymphaticus mit Endblase *Se*.

Wirbelthieren (*Amphibien* bis *Säugethieren*) ein Luftraum, der auf der Körperoberfläche durch eine elastische Membran, das in den Annulus tympanicus eingespannte Trommelfell, geschlossen wird, während er seine Mündung in den Rachen beibehält. Dicht hinter dem Trommelfell erweitert sich der Luftraum zur Trommelhöhle (Cavum tympani); der in den Rachen mündende Theil verengt sich dagegen zur Tuba Eustachii. Das häutige Labyrinth liegt in der Wand der Trommelhöhle und grenzt an das Lumen derselben an zwei Stellen unmittelbar an, indem die knöcherne Hörkapsel hier durch Oeffnungen durchbrochen ist, die stets vorhandene Fenestra ovalis und die den *Amphibien* noch fehlende Fenestra rotunda.

Wenn wir nun weiter bedenken, dass dicht vor dem Spritzloch der Kieferbogen, dicht hinter ihm der Zungenbeinbogen liegt, so wird es begreiflich, dass Theile derselben in die Trommelhöhle hinein ver-

lagert werden und Hörknöchelchen liefern können. Bei *Amphibien*, *Reptilien* und *Vögeln* pflanzt sich das Hyomandibulare oder die Columella mit einem Ende in die Fenestra ovalis, mit dem andern Ende in das Trommelfell ein und überträgt die Schwingungen des letzteren auf das dicht anschliessende Labyrinth. Bei den *Säugethieren* wird diese Uebertragung noch vollkommener, indem zwischen Hyomandibulare (Stapes) und Trommelfell weiter das Quadratum (Incus) und das Articulare (Malleus) eingeschoben werden und so eine federnde Knochenreihe herstellen (Fig. 481).

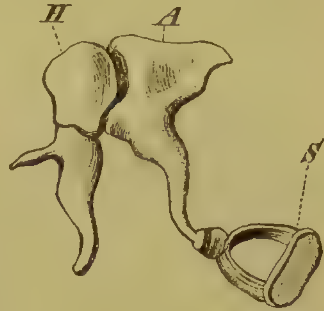


Fig. 481. Gehörknöchelchen des Menschen. *H* Hammer, *A* Ambos, *S* Steigbügel (aus Wiedersheim).

Das Trommelfell liegt bei den meisten Wirbelthieren in einer Ebene mit der übrigen Haut oder ist nur schwach eingesenkt; bei den *Säugethieren* wird es besser geschützt, indem es in die Tiefe sinkt und an den Grund eines Blindkanals zu liegen kommt, des Meatus auditorius externus. Ebenso ist im Wesentlichen auf die Classe der Säugethiere die Ohrmuschel beschränkt, eine von Knorpeln gestützte Hautfalte, welche die Schallschwingungen auffängt.

Leibeshöhle.

Unterhalb der Wirbelsäule in der ventralen, die dorsale an Umfang weit übertreffenden Sphäre des Körpers findet man fast sämmtliche wichtigen vegetativen Organe des Wirbelthierkörpers in einem geräumigen Hohlraum vereinigt, in dem Coelom oder der Leibeshöhle. Dieselbe ist, wie die Entwicklungsgeschichte besonders klar beim niedersten Wirbelthiere, dem *Amphioxus*, lehrt, ein Abkömmling des Darms, ein echtes, von einem Epithel (Endothel) ausgekleidetes Enterocoel (vergl. S. 124). Da sie, wie auch sonst bei bilateralen Leibeshöhlenthieren, durch paarige Ausstülpungen des Darms gebildet wird, muss sie durch eine Scheidewand, in welcher der Darm liegt, anfänglich in eine linke und rechte Hälfte (linken und rechten Coelomsack) geschieden sein. Diese Scheidewand ist das Gekröse oder das Mesenterium des Darms, welches mit seinem dorsalen Abschnitt in ganzer Länge von der Wirbelsäule entspringt, ventral vom Darm aber (als vorderes Mediastinum, Omentum minus und Ligamentum suspensorium hepatis der menschlichen Anatomie) nur bis zur Lebergegend reicht, während es weiter nach hinten fehlt, so dass dann linker und rechter Leibessack unter dem Darm zusammenfliessen. Auch die meisten übrigen Organe sind in der Leibeshöhle durch Aufhängebänder befestigt, so der Hoden durch das Mesorchium, das Ovar durch das Mesovar.

Die Leibeshöhle der Wirbelthiere nennt man vielfach Pleuroperitonealhöhle, weil sie bei den Säugethieren durch eine Scheidewand, das Zwerchfell, in einen vorderen Abschnitt, die Brusthöhle oder Pleuralhöhle, und einen hinteren Abschnitt, die Leibeshöhle im engeren Sinne, Bauchhöhle oder Peritonealhöhle, gesondert ist. Die auskleidenden Membranen dieser Räume nennt man Brustfell oder Pleura, Bauchfell oder Peritoneum. Auch der Herzbeutel der Wirbelthiere ist ein Derivat der Leibeshöhle und das Pericard ein abgeschnürter Theil der Pleuroperitonealmembran; man findet daher bei manchen Fischen (*Stör*) dauernd eine Verbindung zwischen dem Herzbeutel und der allgemeinen Leibeshöhle. Bei *Fischen* und *Reptilien* besteht vielfach auch eine Communication der Leibeshöhle nach aussen, welche durch 1—2 hinter dem After angebrachte Oeffnungen, die Pori abdominales, bewirkt wird.

Darm. Unter den vegetativen Organen besitzt der Darm für die systematische Charakteristik der Wirbelthiere das allergrösste Interesse, weil er nicht nur die Verdauung vermittelt, sondern auch für alle Wirbelthiere, für die wasser- und landbewohnenden, die Athmungsorgane (Kiemen und Lungen) liefert, während diese Theile bei den Wirbellosen mit Ausnahme der *Tunicaten* und *Enteropneusten* von der Haut aus entstehen. Der Darm beginnt in einiger Entfernung vom vorderen Ende auf der ventralen Seite mit der Mundöffnung und endet ebenfalls ventral, aber ziemlich weit entfernt von dem hinteren Ende der Wirbelsäule, der Schwanzspitze, mit dem After. Seiner Abstammung nach ist er vorwiegend entodermal; die Haut betheiligt sich an seiner Bildung nur durch ganz flache Einsenkungen vorn und hinten, die Mund- und Afterbucht.

Der Anfangsabschnitt des Darms ist geräumig; es ist die ectodermale Mundhöhle und der entodermale Pharynx oder die Rachenhöhle, zwei Räume, die bei den meisten Wirbelthieren ohne Grenze in einander übergehen und nur bei *Säugethieren* durch den weichen Gaumen getrennt werden. Nun folgt der engere Oesophagus, der sich an seinem unteren Ende zum Magen erweitert. Vom hinteren Magenende, dem Pylorus, beginnt der Dünndarm, der bei den niederen Wirbelthieren in den Dickdarm, den zum dritten Mal erweiterten Endabschnitt des Darms, ganz allmählig übergeht, bei den höheren Wirbelthieren durch eine besondere Klappe gegen ihn abgegrenzt wird. Von Anhangsdrüsen des Darms ist nur die Leber constant, welche schon beim *Amphioxus*, allerdings nur als einfacher Blindsack, angelegt ist, von den *Cyclostomen* an aufwärts dagegen das bekannte compacte, braune, meist mit einer Gallenblase versehene Organ bildet. Neben der Leber ist meist noch eine kleinere Drüse, das Pancreas, vorhanden; die Ausführgänge beider Drüsen, der Ductus choledochus, Gallengang, und der Ductus pancreaticus, münden in den Dünndarm kurz hinter dem Pylorusende des Magens. Ausserdem kann noch die Mundhöhle mit Drüsen, den Speicheldrüsen, versehen sein, und andererseits der Enddarm mit Blindsäcken und Drüsen, die jedoch keine weitere Verbreitung besitzen.

Respirationsorgane. Der die Athmungsorgane liefernde Theil des Darmtractus ist bei allen Wirbelthieren der Pharynx. Derselbe wird bei den *Fischen* zum Kiemendarm, indem seine linke und rechte Wand von Kiemenspalten durchbrochen wird, welche auch bei den luftathmenden Wirbelthieren im Embryonalleben angelegt werden, ohne hier je in Function zu treten. Die Kiemenspalten liegen jedesmal zwischen 2 aufeinander folgenden Kiemenbogen (Fig. 498) und sind Canäle, welche auf der Darmoberfläche mit der inneren, auf der Hautoberfläche mit der äusseren Kiemenöffnung münden, so dass man eine Sonde von aussen durch die Kiemenspalten in den Pharynx und von da durch die Mundöffnung wieder herausführen kann. Zwischen beiden Oeffnungen ziehen in der vorderen und hinteren Wand der Canäle zarte, blutgefässreiche Schleimhautfalten, die Kiemenblättchen. Man nennt dieselben innere Kiemen im Gegensatz zu den äusseren Kiemen der *Amphibien* und *Amphibienlarven*, welche am oberen Rand einer Kiemenspalte als baumartige Verästelungen der Körperoberfläche aufsitzen. (S. 28, Fig. 4, 5.)

Aus dem Epithel der Kiemenspalten entwickeln sich zwei räthselhafte Organe, die Schilddrüse oder Thyreoidea und die Thymus. Obwohl

beide Organe bei allen Wirbelthieren vorkommen, weiss man nichts über ihre Function. Die Thyreoidea hat man versucht als den modificirten Endostyl der *Tunicaten* (Hypobranchialrinne) zu deuten und als einen weiteren Beweis für die Verwandschaft von Tunicaten und Wirbelthieren zu verwerthen (cfr. S. 266, 270).

Auch die Organe der Luftathmung, die **Lungen**, stehen bei den Wirbelthieren mit dem Darm in Verbindung, indem sie am Uebergang von Pharynx und Oesophagus als 2 sackartige Ausstülpungen — von denen ab und zu eine rudimentär bleibt — gebildet werden; sie münden dauernd in den Pharynx, entweder unmittelbar oder durch Vermittelung eines von Knorpel gestützten Luftrohrs, der Trachea, welche kurz vor dem Uebergang in die Lungen sich in die 2 Bronchien gabelt. (Fig. 482, 517.) An der Mündungsstelle in den Pharynx sind die Stützknorpel besonders kräftig und bilden den häufig zur Stimmerzeugung dienenden Larynx oder Kehlkopf, der durch eine Klappe (Kehldeckel, Epiglottis) gegen den Pharynx abgeschlossen werden kann. Der Lunge und der Trachea entsprechen bei den *Fischen* die Schwimmblase und der Schwimmblasengang, Organe, die als hydrostatischer Apparat verwandt werden und in Folge dessen einen einfacheren Bau haben.

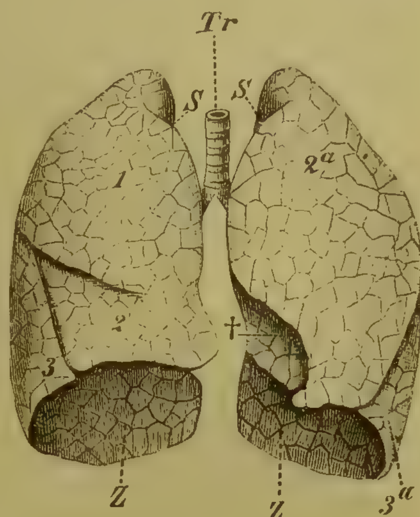


Fig. 482. Lungen des Menschen in ventraler Ansicht (aus Wiedersheim). *1*, *2*, *3*, *2a*, *3a* die linken und rechten Lungenlappen, *Z* Lage des Zwerchfells, † Lage des Herzens, *Tr* Trachea, welche sich in die Bronchien gabelt.

Der **Blutgefässapparat** der Wirbelthiere lässt sich unschwer aus den bei *Anneliden* bestehenden Verhältnissen erklären und ist wie bei diesen ein vollkommen in sich geschlossenes Röhrensystem. Bei den *Anneliden* (S. 253, Fig. 241, 242) läuft ein grosser longitudinaler Blutstamm über dem Darm von hinten nach vorn, ein zweiter in entgegengesetzter Richtung unter dem Darm von vorn nach hinten; beide hängen in jedem Segment unter einander durch Gefässschlingen zusammen, welche von links und rechts den Darm umgreifen. Geht man von diesem Schema aus, so ist für die Wirbelthiere charakteristisch, dass sich im ventralen Längsstamm ein **Herz** ausgebildet hat. Bei den niederen Wirbelthieren, den *Fischen* (S. 88, Fig. 62, S. 485, Fig. 502) liegt dasselbe dicht hinter der Kiemenregion und giebt das Blut, welches es vom Körper empfängt, an die Kiemen ab; es führt somit venöses Blut, wie der ganze ventrale Blutgefässstamm. Da die vorderen Gefässschlingen sich an der Kiemenregion des Darms verbreiten, muss der aus ihnen sich sammelnde dorsale Längsstamm sauerstoffreiches Blut führen, welches auf dem Weg der hinteren Blutgefässschlingen den Körper versorgt, hierbei venös wird und in den ventralen Längsstamm zurückfliesst. Blutgefässsystem.

Das hier kurz skizzirte Schema des Blutkreislaufs der *Fische* bedarf der näheren Durchführung. Das *Herz*, ein muskelstarkes, in einen besonderen Herzbeutel eingeschlossenes Organ, besteht aus 2 durch Klappen getrennten Theilen (Fig. 501): *Vorkammer* und *Kammer*. Der von der Kam-

mer ausgehende Hauptstamm ist die *Aorta ascendens*; die von derselben an den Kiemendarm tretenden Gefässe sind die Arterienbogen, welche nur bei jungen Fischen (Fig. 502) direct zum dorsalen Blutgefäss emporsteigen, später den aus Kiemenarterien, Kiemencapillaren und Kiemenvenen (Fig. 62) bestehenden Kiemenkreislauf bilden. Der dorsale Blutgefässstamm ist die *Aorta descendens*, der zum Herzen rückleitende ventrale Stamm die nur dem *Amphioxus* und jugendlichen Fischen zukommende Vena subintestinalis, aus der vor Allem die Vena portarum hervorgeht. Zu ihr kommt noch ein paariges Venensystem, welches aus den *Venae cardinales* und *jugulares* besteht und immer mehr Terrain der Subintestinalvene abgewinnt.

Der Blutkreislauf der Fische erfährt bei den höheren Wirbelthieren eine vollkommene Umgestaltung durch das Aufhören der Kiemenathmung und das Auftreten der Lungenathmung. Es schwinden die Kiemen und die Kiemencapillaren; der gesammte Kiemenkreislauf wird auf die von A. ascendens zu A. descendens direct übertretenden Arterienbögen reducirt; vor Allem aber geräth das Gefässsystem der Lunge, welches bei den Fischen als Gefässsystem der Schwimmblase ein Theil des Körperkreislaufs war, zu letzterem in einen functionellen Gegensatz, der auch zu einer morphologischen Sonderung führt, zur Sonderung besonderer Lungenarterien und Lungenvenen. Dabei werden die Arterienbögen auf den Lungen- und Körperkreislauf vertheilt. Der schon bei den *Lurchfischen* die Schwimmblase versorgende letzte Bogen (Fig. 483) wird zur Lungenarterie (Arteria pulmonalis), die übrigen Bögen verbleiben dem Körperkreislauf, soweit sie nicht rückgebildet werden (Fig. 484). Da in gleicher Weise die Lungenvenen unabhängig von den Körpervenen zum Herzen zurückführen, kommt es auch im Herzen zu einer Sonderung, zur Bildung einer Scheidewand, welche das Herz der Länge nach in eine linke und rechte Hälfte trennt. Die rechte Hälfte bewahrt den venösen Charakter des Fischherzens, indem die rechte Vorkammer die Körpervenen aufnimmt, die rechte Kammer die Pulmonalarterie abgiebt. Die linke Hälfte wird dagegen arteriell, da die Lungenvenen dem linken Vorhof nur arterielles Blut zuführen, welches von da in die linke Kammer tritt und durch die aufsteigende Aorta das Herz wieder verlässt. Eine vollkommene Scheidung von Körper- und Lungenkreislauf und dementsprechend eine vollkommene Trennung des Herzens in

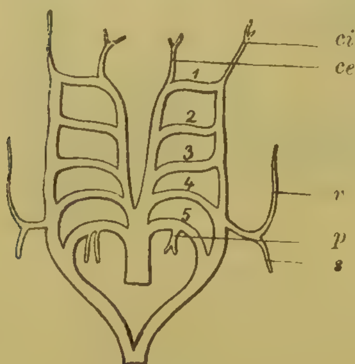


Fig. 483.

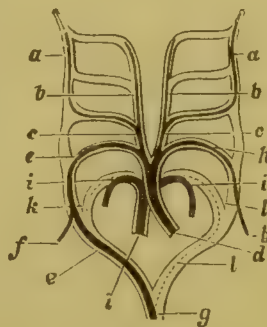


Fig. 484.

Fig. 483. Schema der Arterienbögen eines Reptilienembryo, im Wesentlichen mit den Arterienbögen der Lurchfische übereinstimmend. *1*—*5* die fünf Arterienbögen; *ci*, *ce* die Carotiden, *v* Vertebral-Arterie, *p* Pulmonalis, *s* Subclavia (aus O. Hertwig).

Fig. 484. Schematische Darstellung der Metamorphose der Arterienbögen bei Vögeln (nach Rathke). *a*, *b* die äussere und innere Carotis (Kopfarterien), *c* gemeinsame Carotis, *d* Aorta ascendens, *e* Aortenbögen, *f* rechte Subclavia, *g* Aorta descendens, *h* linke Subclavia. *i* Pulmonalis, *k* u. *l* die als Ductus Bothalli bekannten embryonalen Verbindungen von Aorta und Pulmonalis.

eine linke und rechte Hälfte ist nur bei den *Säugethieren* und *Vögeln* erreicht. *Reptilien* und *Amphibien* erläutern uns, wie die Umwandlung des Gefässsystems sich bei den Wirbelthieren vollzogen hat. Dabei ergiebt sich, dass die Trennung im Venensystem beginnt und auf die Vorhöfe übergreift. Erst innerhalb der Classe der *Reptilien* entsteht in der Herzkammer eine Scheidewand.

Ausser Blutgefässen finden sich bei den Wirbelthieren noch die Lymphgefässe vor als eine Ergänzung des Venensystems. Der in den Spalten des Bindegewebes sich sammelnde Ueberschuss von Gewebssaft wird von ihnen aufgenommen und in die grossen Venenstämme eingeleitet. Meist genügt die Herzthätigkeit, um auch hier eine genügende Bewegung zu unterhalten, doch können daneben besondere Lymphherzen vorkommen. Unter den Lymphgefässen spielen diejenigen, welche sich am Darm verbreiten, eine hervorragende Rolle, indem sie zur Resorption der verdauten Nahrung dienen; sie heissen Chylusgefässe, weil ihr Inhalt, der Chylus, sich zur Zeit der Verdauung von der gewöhnlichen Lymphe durch intensive weisse Färbung unterscheidet, welche durch frei suspendirte Fetttröpfchen veranlasst wird. Ueber die Beschaffenheit der gewöhnlichen Lymphe und des Blutes wurde schon im allgemeinen Theil das Wichtigste gesagt (S. 70, 71 Fig. 43, 44). An besonderen Stellen sind in den Verlauf der Lymphgefässe die Lymphdrüsen eingeschaltet, kleine Knötchen, in denen die Lymphkörperchen gebildet werden. Ihnen schliesst sich in ihrem Bau am nächsten die ausserordentlich blutgefässreiche Milz an.

Urogenitalsystem.

Die Anatomie der Wirbelthiere haben wir mit den Geschlechtsorganen und den Excretionsorganen zu beschliessen, welche beide meist so innig verbunden sind, dass man sie als Urogenitalsystem zu gemeinsamer Besprechung zusammenfasst.

Die Geschlechtsproducte der Wirbelthiere bilden sich beim Embryo aus einem bestimmten Bezirk des Peritonealepithels, dem Keimepithel, welches links und rechts von der Wirbelsäule gelegen ist. Frühzeitig wird diese primitive Lagerung von den Urzellen des Geschlechtsapparats verlassen, indem sie in das darunter gelegene Bindegewebe hineinwachsen (Fig. 31 S. 62). Hier erzeugen sie bei männlichen Thieren drüsige Röhren, die meist mit einander zu Netzen verwachsen; beim Weibchen bilden sie zunächst ebenfalls Stränge, die aber nach der Zahl der aus ihnen hervorgehenden Eier in rundliche Follikel zerfallen. Beim Männchen entsteht so ein compacter Körper von meist ovaler Gestalt (Fig. 485 *B*), der Hoden; beim Weibchen gewöhnlich eine lockere, traubige Geschlechtsdrüse, das Ovar (Fig. 485 *A*). — Das Keimepithel, aus welchem sich Hoden und Ovarien entwickeln, hat lange Zeit für beide Geschlechtsdrüsen dasselbe Aussehen. Gleichwohl sind die Wirbelthiere getrennt geschlechtlich, eine Regel, von welcher es nur äusserst wenige Ausnahmen giebt. Unter den *Fischen* ist *Serranus scriba*, der Seebarsch, stets, andere Serranusarten häufig hermaphrodit; die *Myxinen* scheinen zuerst männliche, dann weibliche Zeugungsproducte auszubilden. Auch andere Fische können, wenn auch nur abnormer Weise, hermaphrodit sein. Dagegen ist bei *Säugethieren* echter Hermaphroditismus auch als Abnormität äusserst selten; was speciell beim Menschen vielfach dafür gehalten wurde, beruhte mit sehr wenigen Ausnahmen auf einer abnormen Entwicklung der äusseren Geschlechtscharaktere, indem Individuen mit rein männlichen Geschlechtsdrüsen

in ihrer Erscheinungsweise und im Bau der äusseren Geschlechtswerkzeuge weiblichen Individuen glichen und umgekehrt.

Die Entleerung der Geschlechtszellen erfolgt bei der Mehrzahl der *Fische* durch die Leibeshöhle und deren Pori abdominales, wobei ein Abschnitt der Leibeshöhle sich zu einem besonderen Vas deferens oder Oviduct abschnüren kann. Bei den meisten Wirbelthieren aber werden dazu Theile der Nieren benutzt, deren Betrachtung wir daher hier vorausschicken müssen. Die vergleichende Anatomie unterscheidet dreierlei Nieren, die Kopf- oder Vorniere, die Urniere oder den Wolff'schen Körper und die bleibende Niere, dementsprechend auch drei Ausführwege, den Vornierengang oder Müller'schen Gang, den Urnierengang oder Wolff'schen Gang, den Harnleiter oder Ureter. Die Vorniere functionirt als Excretionsapparat gewöhnlich nur im Embryonalleben, und auch da nur in frühen Stadien, vielleicht in manchen Fällen überhaupt nicht mehr; ihr Verhältniss zum übrigen Nierensystem ist noch nicht sicher festgestellt. Dagegen ist es mindestens wahrscheinlich, dass Urniere und bleibende Niere der vordere und hintere Abschnitt eines einheitlichen Organs sind, welches wir im Folgenden kurzweg Niere (ihren Ausführweg Nierengang) nennen wollen, während die Urniere mit Bezug auf ihre Lage hinter der Vorniere Mesonephros, die bleibende Niere Metanephros heissen möge. Eine einheitliche Niere mit einheitlichem Ausführgang findet sich bei den *Teleostiern* als ein breiter Drüsenstreifen in ganzer Länge des Rumpfes links und rechts von der Wirbelsäule; ähnlich haben auch die *Amphibien* (Fig. 485) eine einheitliche Niere. Bei den *Selachiern* ist dagegen der vordere Abschnitt (Mesonephros) vom hinteren (Metanephros) abgetrennt und jeder Theil hat seinen eigenen Ausführgang (Urnierengang und Ureter). Mit der räumlichen Trennung verbindet sich von den *Reptilien* an aufwärts ein Unterschied in der Zeit der Entwicklung. Der Mesonephros entsteht viel früher und functionirt während der Hauptzeit des Embryonallebens; er wird in seiner excretorischen Function abgelöst von dem später entstehenden Metanephros, welcher die bleibende Niere darstellt.

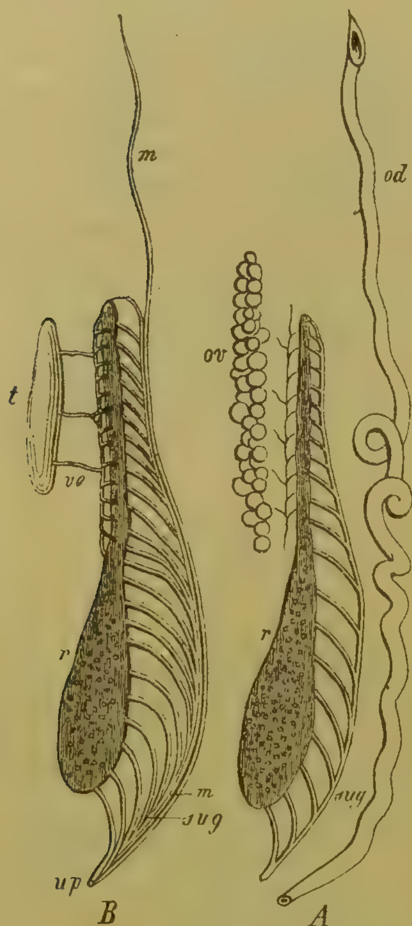


Fig. 485. Urogenitalsystem von Triton (aus Gegenbaur). *A* Weibchen, *B* Männchen. *ov* Ovar, *t* Hoden, *r* Niere, *vo* Verbindungsgänge von Hoden und Niere, *m* Müller'scher Gang, beim Weibchen Oviduct *od*, *sug* Urnierengang (beim Männchen zugleich Samengang), *up* Mündung des Urogenitalsystems.

Der Gegensatz zwischen Mesonephros und Metanephros ist nun wahrscheinlich durch ihre Beziehungen zum männlichen Geschlechtsapparat veranlasst. Bei sämmtlichen Wirbelthieren, bei denen die Entleerung des Samens nicht durch eigene Ausführwege erfolgt, wird

hierzu der vordere Abschnitt der Niere (Mesonephros) benutzt. Bei den *Amphibien* (Fig. 485 *B*) verbinden sich die Hodencanälchen mit einem Theil der Nierenkanälchen; Harn und Samen werden durch denselben Nierenausführgang abgeleitet. Bei den *Selachiern* ist dagegen der vordere Theil der Niere, welcher diese Doppelfunction hat, von dem rein excretorischen geschieden und so der Unterschied zwischen Meso- und Metanephros, Wolff'schem Gang (Harnsamenleiter) und Ureter (Harnleiter), hervorgerufen. Bei *Reptilien, Vögeln* und *Säugethieren* ist dieser Unterschied noch gesteigert, indem der Mesonephros zwar im Embryo noch seine Nierenfunction beibehält, dann aber ausschliesslich in den Dienst des Geschlechtsapparats tritt. Es erhält sich von ihm nur, was zum Ableiten des Samens nöthig ist, einige Nierencanälchen, welche zur Epididymis, dem Nebenhoden, werden, und der Wolff'sche Gang, das Vas deferens. Von dem functionslos gewordenen Abschnitt des Mesonephros können allerdings auch noch kümmerliche Reste fortbestehen; sie bilden aber ein rudimentäres Organ, die Paradidymis (vergl. S. 541).

Im weiblichen Geschlecht ist die Anlage der Niere (Meso- und Metanephros) die gleiche wie beim Männchen. Da aber die Verbindung mit der Geschlechtsdrüse unterbleibt, ist die Existenz der einzelnen Theile des Apparats ausschliesslich von der Dauer ihrer excretorischen Function abhängig; daher bleibt unter allen Umständen der Metanephros erhalten, auch der Mesonephros bei Selachiern und das dem Mesonephros vergleichbare vordere Ende der Amphibienniere, dagegen nicht der sogenannte Wolff'sche Körper der höheren Wirbelthiere. Dieser ist zwar auch im weiblichen Geschlecht eine Embryonalniere, geht aber dann verloren und hinterlässt nur rudimentäre Organe, welche der Epididymis (Epoophoron) und der Paradidymis (Paroophoron) entsprechen. Das ganz abweichende Verhalten der Niere im weiblichen Geschlecht hat darin seinen Grund, dass die Müller'schen Gänge zu den Eileitern werden, welche umgekehrt beim Männchen frühzeitig sich gänzlich oder bis auf wenige Spuren rückbilden. Das vordere Ende des Müller'schen Ganges öffnet sich mit weiter Oeffnung (Ostium abdominale tubae) in die Leibeshöhle und nimmt die durch Platzen der Follikel frei werdenden Eier auf.

Die Verbindung der Geschlechtsorgane und der Nieren zu einem einheitlichen Apparat, dem Urogenitalsystem, erklärt sich aus denselben Verhältnissen wie bei den Anneliden: dass nämlich beide Organe aus dem Epithel der Leibeshöhle stammen und dauernd oder vorübergehend Verbindungen mit der Leibeshöhle unterhalten. Für die Geschlechtsorgane ist dieser Nachweis oben schon geführt worden; für die Urniere wurde durch die Untersuchungen der Neuzeit festgestellt, dass die Harncanälchen Abkömmlinge des Coelomepithels sind und vorübergehend eine vollkommen an die Segmentalorgane der Anneliden erinnernde Anordnung besitzen. Wie das für die Embryonen von *Selachiern* geltende Schema der Figur 67 (S. 91) lehrt, besteht die Niere anfänglich aus zahlreichen, segmentweise angeordneten Canälen, welche durch einen Wimpertrichter mit der Leibeshöhle zusammenhängen und sich von den Segmentalorganen der Anneliden nur dadurch unterscheiden, dass sie nicht einzeln nach aussen münden, sondern mit einem gemeinsamen Sammelcanal, dass sie ferner im Verlauf ihrer weiteren Entwicklung durch Vervielfältigung ein compactes Organ liefern, dass endlich an einer bestimmten Stelle in ihr Lumen der Glomerulus, ein Knäuel von Blutgefässen, hineinragt. Auch die Vorniere steht unzweifelhaft anatomisch und ent-

wicklungsgeschichtlich in Beziehung zur Leibeshöhle; das Ostium abdominale des Eileiters ist wahrscheinlich ein dauerndes Ueberbleibsel dieser Verbindung.

Die besprochenen Ausführwege des Urogenitalsystems — gleichgiltig, ob sie Harnwege, oder Vasa deferentia, oder Oviducte, oder Harn- und Geschlechtswege zugleich sind — öffnen sich bei den *Fischen* zumeist auf einer Papilla urogenitalis hinter dem Darm selbständig auf der Haut oder jedoch nur selten in der Rückwand des Enddarms. Bei den *Amphibien*, *Vögeln* und den meisten *Reptilien* münden sie stets von rückwärts in den Enddarm, welcher dadurch zur Cloake wird. Bei den *Schildkröten* und *Säugethieren* werden die Mündungen der Urogenitalcanäle auf die Harnblase übertragen, eine Ausstülpung der ventralen Darmwand, welche bei den *Amphibien* zum ersten Mal auftritt. Die Harncanäle münden in den Grund der Harnblase, die Genitalcanäle in eine Verlängerung derselben, den Sinus urogenitalis. Der Sinus urogenitalis bleibt bei *Schildkröten* und den niedersten *Säugethieren*, den *Monotremen*, dauernd mit dem Darm in Verbindung; bei den übrigen Säugethieren ist dagegen die Cloakenbildung nur imEmbryonalleben vorhanden; später wird die Cloake durch Ausbildung des Damms in zwei Canäle zerlegt, einen hinteren, den Darm, einen vorderen, den Sinus urogenitalis. Bei den Wirbelthieren lässt sich somit Schritt für Schritt verfolgen, wie die ursprünglich hinter dem Darm befindliche Mündung des Urogenitalsystems vor denselben zu liegen kommt.

Fortpflanzung. Die Wirbelthiere pflanzen sich weder ungeschlechtlich noch parthenogenetisch fort, sondern ausschliesslich durch Eier, welche der Befruchtung bedürfen. Die Befruchtung ist bei niederen Wirbelthieren meist eine äussere und erfolgt während der Eiablage, bei höheren Wirbelthieren ist sie eine innere, bei der das Männchen zum Zweck der Samenübertragung die eigene Genitalöffnung gegen die Genitalöffnung des Weibchens presst oder in letztere ein besonderes Begattungsorgan, den Penis, einführt. Die im Innern der weiblichen Geschlechtswege befruchteten Eier können dann einen Theil ihrer Entwicklung oder die gesammte Entwicklung in den weiblichen Geschlechtswegen durchmachen, von denen besondere Abschnitte (Uterus) zur Aufnahme der Eier ausgerüstet sind. Wir unterscheiden demnach vivipare und ovipare Wirbelthiere und zwischen diesen Extremen vermittelnd die ovo-viviparen. Letztere, wie die *Vögel*, gelten den Laien einfach als Eier legend, da das Fortpflanzungsproduct bei der Geburt das Aussehen eines Eies besitzt und nur die genaueste Untersuchung feststellen kann, dass die Embryonalentwicklung schon begonnen hat.

Die älteren Zoologen, wie A r i s t o t e l e s, legten dem Umstand grosse Bedeutung bei, ob die Thiere lebendige Junge gebären oder nicht; thatsächlich haben diese Unterschiede geringes systematisches Interesse, da nahe verwandte Thiere sich ganz verschieden verhalten können. Die meisten *Haifische* sind lebendig gebärend, ziemlich viele unter ihnen eierlegend; umgekehrt sind die *Knochenfische* ovipar, doch giebt es unter ihnen einige vivipare Ausnahmen. Ebenso mischen sich bei *Amphibien* und *Reptilien* vivipare Formen *(Salamander*, *Blindschleichen)* unter die eierlegende Mehrzahl. Am meisten Stetigkeit herrscht bei *Vögeln* und *Säugethieren*. Während jene ausnahmslos ovo-vivipar sind, sind diese lebendig gebärend; allein unter den Säugethieren giebt es ebenfalls 2 Ausnahmen, *Echidna* und *Ornithorhynchus*, welche beide nach Art der Vögel Eier mit begonnener Entwicklung legen und somit ovo-vivipar sind.

Dottersack, Amnion, Allantois.

Im Lauf der Embryonalentwicklung treten bei den Wirbelthieren dreierlei Embryonalanhänge auf: 1. der Dottersack, 2. das Amnion, 3. die Allantois.

Der Dottersack fehlt vollkommen nur bei dem *Amphioxus*, dessen kleine Eier sehr dotterarm sind; er ist schwach angedeutet bei denjenigen Wirbelthieren, deren Eier zwar dotterreich sind, aber doch nicht so dotterreich, dass nicht eine totale, inäquale Furchung möglich wäre (z. B. *Amphibien*); sonst ist er überall vorhanden, und zwar am stärksten entwickelt bei allen Wirbelthieren mit discoidaler Furchung, den *Fischen* (Fig. 486), *Reptilien* und *Vögeln*. Sein Vorkommen ist bedingt durch die Anhäufung von Nährmaterial im Darm des Embryo, dessen ventrale Wand (Darmwand und Bauchdecken) bruchsackartig vorgetrieben wird. Der Embryo liegt dabei entweder direct auf dem dotterhaltigen Bruchsack oder hängt mit ihm durch einen Verbindungsstiel zusammen.



Fig. 486. Embryo eines Haies, *k* äussere Kiemenfäden oberhalb der Brustflossen, *d* der zur Hälfte dargestellte Dottersack (aus Boas).

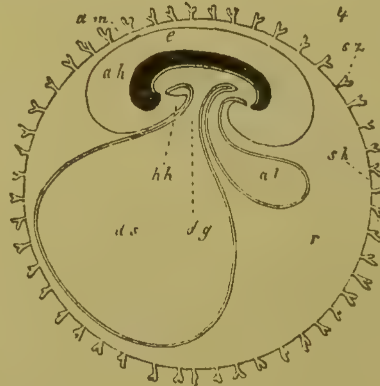


Fig. 487. Embryonalanhänge eines Säugethieres (Schema nach Kölliker). *e* Embryo, *am* Amnion, *ah* Amnionhöhle, *hh* Amnionhüllen, *dg* Dottergang, *ds* Dottersack, *al* Allantois, *sh* Serosa, *sz* Zotten derselben, *r* extraembryonale Leibeshöhle.

Im Gegensatz zum Dottersack finden sich Amnion und Allantois nur bei *Reptilien*, *Vögeln* und *Säugethieren*, welche Amnioten oder Allantoidica heissen im Gegensatz zu den *Fischen* und *Amphibien*, welche beide Embryonalanhänge noch nicht besitzen und daher als Anamnien oder Anallantoidica systematisch zusammengefasst werden. Das Amnion (Fig. 487) oder die Schafhaut ist ein Sack, welcher den Embryo ganz umhüllt und nur am Nabel, d. h. an der Stelle, wo der Dottersack die Bauchdecken vor sich ausstülpt, mit dem Embryo zusammenhängt. Im Sack befindet sich eine eiweisshaltige Flüssigkeit, das Fruchtwasser. Genetisch ist das Amnion ein Theil der Bauchhaut; es entwickelt sich ventral als eine Falte links und rechts, vorn und hinten vom Embryo, wächst um denselben nach dem Rücken empor, bis die einander entgegenwachsenden Faltenränder dorsal zum Verschluss kommen. Die Allantois endlich ist eine Verlängerung der Harnblase, welche am Nabel aus der Leibeshöhle herauswächst und sich zwischen Dottersack und Amnion einschiebt. In den in die Embryonalanhänge eingewucherten Abschnitt hinein kann sich das mit Harn erfüllte Lumen der Blase verlängern oder nicht; im

letzteren Falle besteht die Allantois nur aus dem Bindegewebe und den Blutgefässen der Harnblase. Die Blutgefässe sind für die Function der Allantois die wichtigsten Theile, sie führen dem Embryo entweder nur Sauerstoff zu oder bei den *Säugethieren* auch anderweitiges, der Placenta entstammendes Nährmaterial. — Dottersack, Amnion und Allantois werden nach aussen noch durch eine gemeinsame Hülle zusammengehalten, die Serosa.

Systematik. Schon von Aristoteles und seinen Nachfolgern wurden 4 Hauptgruppen der Wirbelthiere unterschieden, welche von Linné und sogar noch von Cuvier beibehalten wurden: *Säugethiere* oder *Mammalia, Vögel* oder *Aves, Reptilien* oder *Amphibien,* und *Fische* oder *Pisces.* Erst Blainville (1818) trennte die dritte Classe in 2 Classen, indem er für die eine den Namen *Amphibien,* für die andere den Namen *Reptilien* beibehielt. M. Edwards zeigte weiter, dass diese bis dahin nicht genügend unterschiedenen Formen durch eine grosse Kluft getrennt werden, indem die *Amphibien* zu den niederen Wirbelthieren, den *Anamnien,* gehören, die *Reptilien* dagegen zu den höheren, den *Amnioten.* Ferner wurde die Begrenzung der Fischklasse im Laufe dieses Jahrhunderts und zwar hauptsächlich in der zweiten Hälfte desselben einer Revision unterworfen. Haeckel schlug vor, von den echten Fischen die so sehr viel niedriger organisirten Formen wie den *Amphioxus* und die *Cyclostomen* als 2 besondere Classen abzuzweigen.

I. Unterstamm.

Anamnien.

Wirbelthiere, welche dauernd oder vorübergehend durch Kiemen athmen, deren Embryonen weder ein Amnion noch ein Allantois haben.

I. Classe.

Leptocardier, Acranier.

Aus der Classe der Acranier kennt man nur die einzige Gattung *Amphioxus,* deren bekanntester Vertreter, *A. lanceolatus* (Fig. 488) schon im vorigen Jahrhundert vom Reisenden Pallas entdeckt, aber für

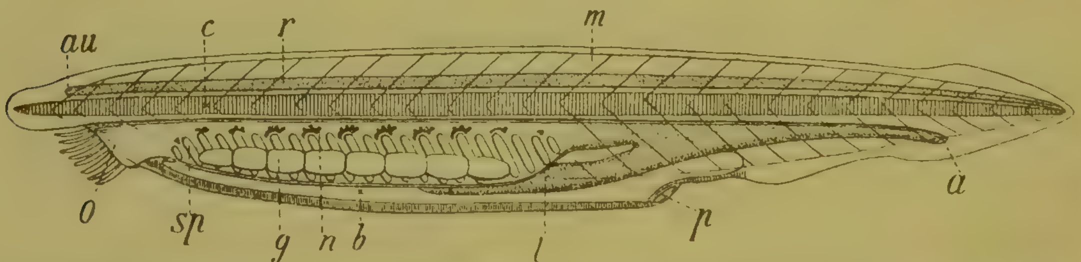


Fig. 488. Amphioxus lanceolatus, schematisirt (nach einer Zeichnung von Th. Boveri). *au* Auge, *c* Chorda, *r* Rückenmark, *m* Muskeln, *o* Mundöffnung, *sp* Kiemenspalten, *g* Geschlechtsorgane, *n* Nierencanäle, *b* Peribranchialraum, *p* Mündung desselben, *l* Leber, *a* After.

eine Schnecke (Limax lanceolatus) gehalten wurde. Erst die classischen Untersuchungen von J. Müller bewiesen die Wirbelthiernatur des inzwischen in England und Neapel auf's Neue aufgefundenen Thieres. Durch Kowalevsky wurde dann auf entwicklungsgeschichtlichem Wege die überraschend nahe Verwandtschaft mit den Tunicaten aufgedeckt. Der Grund, warum so lange Zeit die systematische Stellung des Amphioxus völlig verkannt wurde, liegt in der grossen Einfachheit seines Baues. Der fischförmig gestaltete, an beiden Enden zugespitzte Körper (daher der Name) hat noch keine paarigen Flossen und wird nur am hinteren Ende von einem schwachen, unpaaren Flossensaum umfasst. Das Epithel ist, wie man es sonst nur bei Wirbellosen findet, einschichtig und lässt deutlich die Grenzen der Muskelsegmente durchschimmern. Es fehlen noch Schädel (*Acranier*) und Wirbelsäule, Hirn, Herz (*Leptocardier*) und die grossen Drüsen der Leibeshöhle, die Leber und die Niere, wenn sich auch für einige dieser Organe die ersten Anfänge nachweisen lassen. Der Mangel von Schädel und Wirbelsäule hängt mit dem gänzlichen Mangel der Bindesubstanzen zusammen. Der Amphioxus besteht fast nur aus vielfach gefalteten, von Stützlamellen getragenen Epithelhäuten. Bei alledem sind die in fast schematischer Weise auf das Allerwesentlichste reducirten Grundzüge der Wirbelthierorganisation unverkennbar.

Als Axenskelet, zugleich auch als einzige Stütze des Körpers dient eine vom vorderen bis zum hinteren Ende ziehende Chorda dorsalis (*c*), welche ausnahmsweise nicht aus blasigen Zellen, sondern aus zahlreichen, hinter einander geordneten, fibrösen Platten besteht. Ueber ihr liegt das Rückenmark (*r*), dessen Centralcanal als erster Ansatz zur Entwicklung des Hirns am vorderen Ende sich ein wenig erweitert. Ein Pigmentfleck (*au*) in der Wand dieser Anschwellung ist das primitive Auge des Amphioxus, während Hörbläschen fehlen und Geschmacksorgane noch nicht nachgewiesen sind. Als Geruchsorgan wird eine Einsenkung am vorderen Ende des Thieres gedeutet. Am Grund derselben findet sich ein Spalt, der in den Rückenmarkscanal führt und sich aus unvollständigem Verschluss der embryonalen Medullarfalten erklärt.

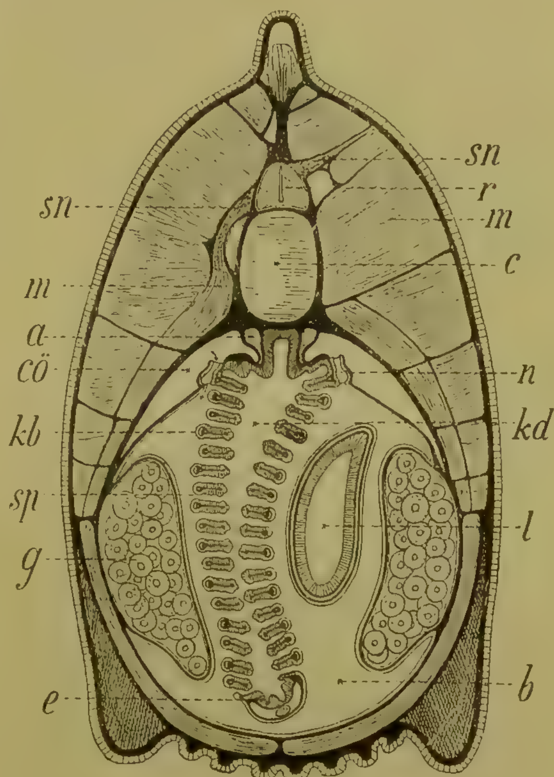


Fig. 489. Querschnitt durch die Kiemenregion des Amphioxus. *r* Rückenmark, *sn* abtretende Nerven, *m* Muskeln, *c* Chorda, *a* Aorta descendens, *cö* Coelom (branchiale Leibeshöhle), *n* Niere (links durch Pfeile bezeichnet), *kd* Kiemendarm, *kb* Kiemenbogen, *sp* Kiemenspalten, *g* Geschlechtsorgane, *l* Leberblindsack, *b* Peribranchialraum, *e* Hypobranchialrinne, darunter Aorta ascendens (nach einer Zeichnung von Ray Lankester, verändert von Th. Boveri).

Vom Darm entfällt mehr als $^1/_3$ auf die sehr geräumige Pars

respiratoria oder die Kieme. Dieselbe beginnt mit einer längsovalen, von Cirrhen eingefassten Mundöffnung (*o*) und ist links und rechts von zahlreichen Kiemenspalten (Fig. 489 *sp*) durchbohrt, zwischen denen elastische Stäbe (*kb*) ein festes Gerüst bilden. Die Kiemenspalten öffnen sich beim jungen Thier direct nach aussen, später aber, wie bei den *Ascidien*, in einen umhüllenden Raum, Peribranchial- oder Perithoracalraum (*b*), welcher durch eine merkwürdige Einfaltung der Haut entsteht und durch den Porus branchialis (Fig. 488 *p*) hinter der Mitte des Körpers das Athemwasser austreten lässt. Eine ventrale flimmernde „Hypobranchialrinne" (Fig. 489 *e*), in welcher man das Homologon sowohl des Ascidienendostyls als auch der Thyrioidea erblickt, führt in das gerade gestreckte, kurz vor dem hinteren Ende linksseitig mündende Darmrohr, von dem als erste Anlage einer Leber ein Blindsack ausgeht, der weit nach vorn in die Kiemenregion reicht (Fig. 488, 489 *l*).

Das Blutgefässsystem besteht aus einem dorsalen arteriellen (*a*) und einem ventralen venösen Stamm, welche durch laterale Schlingen zusammenhängen. Der ventrale Stamm beginnt als Vena subintestinalis unter dem Darm, verästelt sich als Pfortader am Leberblindsack und verläuft wieder in einen Stamm vereint als Aorta ascendens unter der Kieme. Die von letzterer ausgehenden Gefässschlingen sind die Kiemenarterien, die gemeinsam dorsal die Aorta descendens erzeugen. Ein echtes Herz fehlt gänzlich; wohl aber sind verschiedene Theile der Blutbahn, die Darmvene und die basalen Stücke der Kiemenarterien contractil, wesshalb man auch den Namen „*Leptocardier*", „Zart- oder Röhrenherzen", gewählt hat.

Wie der Kiemendarm im Peribranchialraum, so ist der verdauende Darm in der sehr wohl vom Peribranchialraum zu unterscheidenden Leibeshöhle untergebracht. Die Leibeshöhle setzt sich auch in die Kiemengegend (branchiale L.) (Fig. 489 *cö*) fort, sowohl in die Kiemenwand selbst, als in die äusseren Wände des Peribranchialraums (peribranchiale L.). Im peribranchialen Abschnitt der Leibeshöhle bilden sich die Geschlechtsorgane (*g*), eine Anzahl beutelförmiger, in einer Reihe hinter einander gelagerter Zellenfollikel, die durch Platzen ihren Inhalt, die reifen Geschlechtsproducte, in den Peribranchialraum entleeren. In letzteren münden die lange Zeit vergeblich gesuchten Excretionsorgane (*n*), eine linke und eine rechte Reihe flimmernder Canäle, welche wahrscheinlich der Vorniere der übrigen Wirbelthiere entsprechen. Jeder Canal beginnt mit mindestens einem Flimmertrichter in der branchialen Leibeshöhle und mündet getrennt für sich, wie ein Anneliden-Segmentalorgan, in den Peribranchialraum.

Die gleiche Einfachheit, welche den **Bau** des Amphioxus kennzeichnet, beherrscht auch seine Entwicklungsgeschichte. In dieser Hinsicht seien besonders folgende Punkte hervorgehoben. 1. Die Eier besitzen eine nahezu äquale Furchung (S. 118 Fig. 93). 2. Es bildet sich eine typische Gastrula durch Einstülpung (Fig. 101). 3. Das Mesoderm legt sich an, indem der Darm links und rechts zur Mittellinie zahlreiche, metamer aufeinander folgende Ausstülpungen bildet, welche sich später abschnüren und die Ursegmente (Urwirbel) darstellen. Das mittlere Keimblatt ist somit ein abgeschnürter Theil des Darmdrüsenblatts, d. h. ein Mesepithel. Aus den Hohlräumen der Ursegmente geht die Leibeshöhle des Amphioxus hervor, welche somit vom Darmlumen abstammt und ein echtes Enterocoel ist. 4. Zwischen den Ursegmenten wandelt sich die Decke des Darms in die Chordaanlage um, welche sich durch Einfaltung vom Darm abschnürt

und sich zwischen Darm und Nervensystem einschiebt. 5. Das Nervensystem entsteht aus einer zum Rohr sich schliessenden Längsrinne, welche vorübergehend durch den Canalis neurentericus mit dem Darm communicirt, während sich dauernd eine Oeffnung nach aussen am vorderen Ende des Rückenmarks erhält.

Man hat den Amphioxus in wenigen einander sehr nahestehenden Arten in den verschiedensten Meeren (Nordsee, atlantischem und indischem Ocean, Mittelmeer, Südsee) gefunden. Das Thier lebt in ruhigen Buchten des Meeres im Sand vergraben, so dass nur die Mundöffnung hervorschaut. Wie die meisten Thiere mit rudimentären Augen ist es äusserst lichtscheu und geräth bei greller Beleuchtung in die grösste Aufregung.

II. Classe.

Cyclostomen, Marsipobranchier, Monorhinen.

Die Classe der Cyclostomen enthält ebenfalls nur wenige Gattungen und Arten, unter denen die *Neunaugen* des süssen Wassers und die *Myxinen* der nordischen Meere die bekanntesten sind. Die Thiere haben schon vollkommen das Aussehen und die Bewegungsweise der Fische, besonders der aalartigen; auch in ihrer inneren Anatomie stehen sie den Fischen viel näher als der *Amphioxus*, da sie die grossen Unterleibsdrüsen, Niere und Leber, schon besitzen, dazu ein muskulöses dickwandiges Herz, welches aus Kammer und Vorkammer besteht und in einem eigenen Herzbeutel liegt. Am Hirn kann man schon die fünf Hirnblasen mit ihren Anhängen, dem Lobus olfactorius, Epiphysis und Hypophysis unterscheiden; die höheren Sinnesorgane, Auge, Hörbläschen und Nase, sind ebenfalls vorhanden; die Augen sind paarig und (mit Ausnahme der *Myxinoiden*) im Wesentlichen von demselben Bau wie bei den anderen Wirbelthieren. Das Hörbläschen ist einfach und nicht in Sacculus und Utriculus geschieden, auch hat es nur einen oder zwei halbcirkelförmige Canäle. Die Haut (Fig. 25 a) besteht aus Lederhaut und einer vielschichtigen Epidermis. Bei alledem unterscheiden sich die *Cyclostomen* sehr wesentlich selbst von den niedrigst stehenden Fischen. Ihnen fehlt noch die W i r b e l s ä u l e; das Axenskelet des Rumpfes besteht entweder nur aus der Chorda oder ausserdem nur noch aus ganz kleinen, die oberen Bögen repräsentirenden Knorpelspangen. Ein knorpeliger Schädel mit einem korbartigen Gerüst von Kiemenstützen ist zwar vorhanden, aber so ganz abweichend vom Schädel der übrigen Wirbelthiere, dass es schwer ist festzustellen, in wie weit er mit demselben verglichen werden darf. Sehr wichtig ist der gänzliche Mangel der Brust- und Bauchflossen. Da auch die unpaaren Flossen nur von Hornfäden gestützt werden, fehlt das morphologisch allein wichtige, knorpelig präformirte Extremitätenskelet. Desgleichen entbehrt die Haut der Schuppen, die Mundhöhle der echten Dentinzähne. Denn die in mehreren Kreisen gestellten spitzen, braunen Höcker in der Mundhöhle der *Petromyzonten* (Fig. 490), sowie die spärlichen „Zähne“ der *Myxinoiden* sind rein epitheliale Horngebilde und dürfen mit den Zähnen der übrigen Wirbelthiere nicht verglichen werden.

Weitere Unterschiede zu den Fischen ergeben sich aus den 3 in der systematischen Zoologie eingebürgerten Namen.

Der Name *Cyclostomen* bezieht sich zunächst zwar nur auf ein äusserliches Merkmal, die ringförmige Gestalt der Mundöffnung, allein diese Gestalt ist durch einen wichtigen anatomischen Charakter begründet, durch den Mangel der Kiefer, welche, indem sie gegen einander wirken, bei den übrigen Wirbelthieren die quere Gestalt des Mundes bedingen. Die Form der Mundöffnung ist für die Cyclostomen von grosser Bedeutung, da sie vermöge derselben sich an Fischen festsaugen können. Am Grunde der gewölbten Mundbucht liegt die sogenannte Zunge, welche die ansaugende Wirkung erzielt, indem sie spritzenstempelartig zurückgezogen wird.



Fig. 490. Mund von Petromyzon marinus mit Hornzähnen, im Hintergrund die Zunge (aus Gegenbaur).

Der Name *Marsipobranchier* (Fig. 491) bezieht sich auf die Gestalt der Kiemen. Jeder der 6 – 7 Paar Kiemengänge differenzirt sich in 3 Abschnitte: 1. eine sackartige Erweiterung *(br)*, welche allein die Kiemenblättchen enthält und den Kiemengefässen zur Verästelung dient, den Kiemenbeutel, und 2. und 3. zwei enge das Athemwasser zu- und ableitende Canäle, von denen der eine *(br')* auf der Haut, der andere *(i)* in den Darm mündet. Der Anlage nach und bei wenigen Arten auch dauernd sind 7 innere und 7 äussere Kiemenmündungen jederseits vorhanden; allein die 7 inneren Canäle von links und rechts können sich in einen unpaaren Sammelcanal vereinigen, der mit einer ventralen Oeffnung in den Darm mündet *(Petromyzon)*, oder umgekehrt die äusseren Canäle vereinigen sich jederseits in einem einzigen Kiemenloch *(s)* *(Myxine)*.

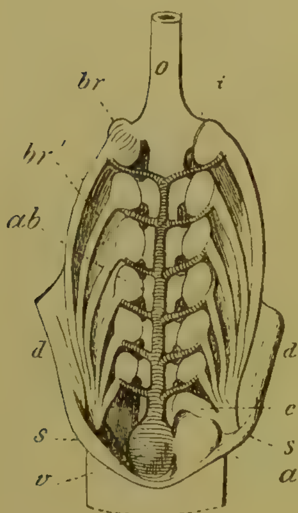


Fig. 491. Kiemenapparat von Myxine glutinosa (nach J. Müller). *o* Oesophagus, *br* Kiemensäckchen (die Striche geben die Lage der Kiemenblättchen an), *i* zuführender, *br'* abführender Kiemencanal, *ab* Kiemenarterie mit Kiemenbögen, *d* abpräparirte Haut, *s* Mündung der Kiemencanäle und eines Haut und Oesophagus verbindenden Canals der linken Seite (*c*), *a* Atrium, *v* Ventriculus cordis.

Monorhinen (Fig. 492) endlich heissen die Thiere, weil bei ihnen die Nase im Gegensatz zu den Fischen und allen höheren Wirbelthieren unpaar ist. Genau in der Mittellinie des Kopfes befindet sich dorsal eine einzige Nasenöffnung, welche in einen flaschenförmig erweiterten Nasensack überleitet. Vom Grunde des Sackes geht ein Canal rückwärts bis an die Decke der Mundhöhle, den Gaumen, hier entweder blind endigend *(Hyperoartien)* oder den Gaumen durchbohrend *(Hyperotreten)*, so dass eine innere Nasenöffnung, eine Choane, entsteht. An die unpaare Nase tritt ein paariger N. olfactorius.

I. Ordnung. *Hyperotreten*, Cyclostomen mit innerer, den Gaumen durchbohrender Nasenöffnung, jederseits am Bauch eine Reihe mächtig entwickelter Schleimsäcke. — Ausser der Gattung *Bdellostoma* kennt man nur die an den Küsten Skandinaviens besonders häufigen Myxinen.

Myxine glutinosa L. lebt in grosser Tiefe, mit Vorliebe in der Bauchhöhle todter Fische (Dorsche), von denen sie sich ernährt. In Folge dieser Lebensweise sind die Augen sehr rudimentär und einfach gebaut. Die Thiere sind hermaphrodit, und zwar scheinen zuerst die Spermatozoën, dann die Eier zu reifen; letztere sind sehr gross und mit einem merkwürdigen Hakenapparat an einem Ende versehen; ihre Entwicklung ist noch nie beobachtet worden.

II. Ordnung. *Hyperoartien*, Cyclostomen mit blind geschlossenem Nasensack. — Aus Europa kennt man 3 Arten, die sämmtlich der Gattung *Petromyzon* angehören und sich nur durch Grösse und geringfügige Merkmale unterscheiden. Das kleine Neunauge, *P. Planeri* Bloch, lebt in Bächen und in kleineren Flüssen, das grössere *P. fluviatilis* L. in Strömen, das fast 1 Meter lange *P. marinus* L. im Meere; letzteres gelangt aber auch in die grösseren Flüsse, indem es sich oft an die zur Laichzeit aufsteigenden Lachse und Maifische ansaugt. Früher unterschied man ausser der Gattung *Petromyzon* noch die Gattung *Ammocoetes* (Querder), bis in diesem Jahrhundert A. Müller von Neuem auffand, was schon der Fischer Baldner im vorigen Jahrhundert erkannt hatte, dass die Ammocoetes nur die Larven der Petromyzonten seien. Die Querder unterscheiden sich von den Neunaugen einmal dadurch, dass die Augen von dicker Haut bedeckt sind und daher noch nicht functioniren, dass ferner die Mundöffnung noch eine Längsspalte ist und nicht zum Ansaugen benutzt werden kann, während die Neunaugen einen ringförmigen Saugmund haben. Die Umwandlung des Querders in das Neunauge erfolgt kurz vor der Geschlechtsreife, daher denn auch kaum ein Grössenunterschied zwischen beiden existirt.

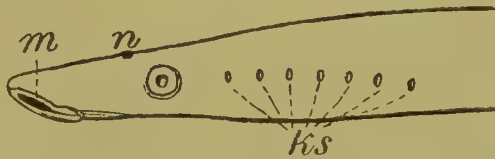


Fig. 492. Kopf des Flussneunauges mit Mund (*m*), unpaarer Nase (*n*), Auge und 7 Kiemenspalten (*ks*).

Der deutsche Name Neunauge kann den Anfänger irre leiten; da nur 1 Paar Augen vorhanden ist, muss man, um die Zahl 9 zu erhalten, nicht nur die 7 Kiemenspalten, sondern auch die unpaare Nasenöffnung mitrechnen und letztere sogar zweimal zählen, das eine Mal für rechts, das andere Mal für links. — Samen und Eier werden durch den Porus abdominalis entleert; die Eier sind ziemlich klein und erleiden eine totale, wenn auch inäquale Furchung (Fig. 97). — Südamerikanische Gattungen: *Mordacia* und *Geotria*.

III. Classe.

Pisces, Fische.

Die Bezeichnung „Fische“ kann man im engeren und weiteren Sinne verwenden. Bei der weiteren Umgrenzung nennt man Fische alle Wirbelthiere, welche in Athmung und Fortbewegungsweise vollkommen dem Wasserleben angepasst sind, in der Athmung, insofern sie durch Kiemen erfolgt, in der Fortbewegungsweise, insofern dieselbe durch Flossen vermittelt wird. Man kann aber auch, wie es in diesem Buch geschehen soll, den Namen im engeren Sinne verwenden und unter den kiemenathmenden, mit Flossen schwimmenden Wirbelthieren verschiedene Stufen der Organisation unterscheiden, wie wir

das bei den uns näher stehenden landbewohnenden und luftathmenden Wirbelthieren schon längst zu thun gewohnt sind. Ausser Kiemenathmung und Fortbewegung durch Flossen halten wir zur Charakteristik der Fische noch für nöthig, dass eine gewisse Organisationsstufe erreicht ist, dass eine Wirbelsäule und ein Schädel mit gut ausgebildetem Visceralskelet vorhanden ist, dass zu den unpaaren Flossen sich die paarigen gesellen, zum Skelet der Hornfäden noch ein besonderes knorpeliges oder knöchernes Skelet, dass die Nase ein doppeltes Grübchen ist, dass die Haut der Körperoberfläche und die Schleimhaut des Mundes Sitz von Verknöcherungen, von Schuppen und echten Zähnen, sind. Führt man diese Auffassung durch, so müssen die *Cyclostomen* und der *Amphioxus* von den Fischen ausgeschlossen werden.

Integument. Schuppen. Unzweifelhaft sind die Fische im engeren Sinne die dem Wasserleben am besten angepassten Wirbelthiere; ihre ganze Organisation muss daher von diesem Gesichtspunkte aus beurtheilt werden. Die Epidermis ist noch nicht verhornt und besteht aus zahlreichen über einander gelagerten Schichten protoplasmatischer Zellen, die nach aussen nur von einer verschwindend dünnen Cuticula zusammengehalten und in Folge dessen nach dem Tode leicht abgestreift werden. Enorme Mengen grosser Schleimzellen verleihen den Thieren ihre auffällige Schlüpfrigkeit. Da das Epithel nichts zur Festigung der Körperoberfläche beiträgt, gehen alle Schutzorgane von der Lederhaut aus, welche selbst aus vielen Schichten straff faserigen Bindegewebes besteht und ausserdem den Fischen das charakteristische Hautskelet, die Schuppen, liefert. Die Schuppen liegen auf der Grenze von Epidermis und Lederhaut ganz oder theilweise im Bindegewebe der Schuppentaschen eingebettet; sie sind vermöge ihres verschiedenen Baues in den einzelnen Abtheilungen auch jetzt noch von hervorragendem, systematischem Werth, wenn man auch darauf verzichtet hat, auf die Unterschiede der Placoid-, Ganoid-, Cycloid- und Ctenoid-Schuppen die grossen Ordnungen der Fischclasse zu begründen.

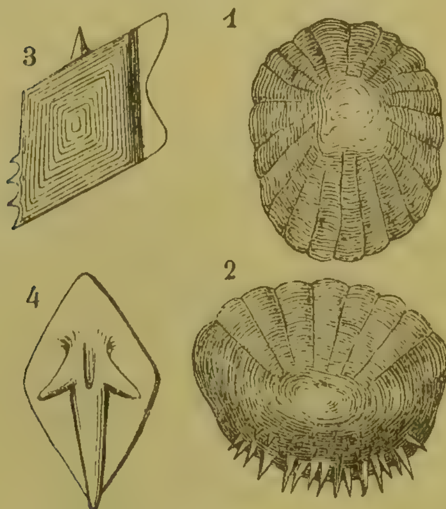


Fig. 493. Schuppenformen der Fische: 1 Cycloidschuppe, 2 Ctenoidschuppe von Teleostiern, 3 Ganoidschuppe von Ganoiden, 4 Placoidschuppe von Haien.

1. Die Placoidschuppen (Fig. 493. 4, Fig. 460) oder Hautzähnchen haben wir bei der allgemeinen Besprechung der Wirbelthiere kennen gelernt, weil sie den Ausgangspunkt für die Hautverknöcherungen sämmtlicher Wirbelthiere bilden und ausserdem auch den Zähnen der Mundhöhle im Bau ähnlich sind; sie sind rhombische Knochenplatten, welche mosaikartig dicht zusammengefügt sind, ohne aber sich zu decken; sie tragen im Centrum einen caudalwärts zurückgebogenen, zugespitzten und mannichfach gestalteten Höcker, welcher aus einer blutgefässreichen Papille, einem Mantel von Zahnsubstanz (Dentin) und einem die Spitze überziehenden Käppchen von Schmelzsubstanz besteht.

2. Die Ganoidschuppen (3) haben meist noch rhombische Gestalt und parketartige Anordnung; doch kommen auch schon kreisrunde Formen vor, welche sich nach Art der Cycloidschuppen dachziegelartig decken. Sie können in der Jugend noch Hautzähnchen tragen, welche beim ausgebildeten Thiere verloren gehen; stets sind sie von einer dicken Lage Schmelzsubstanz (Ganoin) überzogen, welche der Oberfläche einen auch bei fossilen Fischen noch zu erkennenden Perlmutterglanz verleiht und das wichtigste Merkmal der Schuppe ausmacht.

3. Cycloid- und Ctenoidschuppen sind einander sehr nahe verwandte Formen; sie liegen stets locker in den Schuppentaschen, aus denen sie leicht herausgezogen werden können (Entschuppen der Fische); sie ordnen sich derart in Quer- und Längsreihen an, dass die vorderen Schuppen die hinteren dachziegelartig decken. Die Cycloidschuppen (1) haben annähernd kreisförmige Gestalt und eine zweifache Structur; das Centrum der Schuppe ist einerseits Mittelpunkt einer concentrischen Streifung, andererseits Ausgangspunkt zahlreicher, nach der Peripherie ausstrahlender Radiallinien. Die concentrische Streifung hat ihren Sitz in einer oberflächlichen, stärker verkalkten Lage der Schuppe (der Dentinsschicht) und ist durch riffartige Erhebungen derselben bedingt; die Radiallinien sind zum Theil durch Unterbrechungen der Dentinschicht veranlasst, vor Allem aber dadurch, dass in ihrem Bereich die Verkalkung der Basalschicht unterblieben ist. Die Ctenoidschuppe (2) theilt mit der Cycloidschuppe die concentrische und radiale Streifung, unterscheidet sich aber von ihr dadurch, dass das hintere Schuppenende quer abgestutzt ist und dass der bei der dachziegelartigen Deckung freibleibende Theil der Oberfläche kleine an Zähnchen oder Kammzinken erinnernde Höcker trägt; diese Zinken sind nichts Anderes als Fortsätze der concentrischen Riffe der Schuppen.

4. Ausser den besprochenen Schuppenformen kommen in der Haut mancher Fische ansehnliche Stacheln (stark entwickelte Einzelzähne) und ausgedehnte Knochenplatten vor, für welche sich meist noch der Nachweis führen lässt, dass sie aus Verwachsung zahlreicher Schuppen hervorgegangen sind.

Die Färbung der Fische ist durch zweierlei Structuren bedingt. Der Silberglanz, welcher nicht nur die Haut, sondern auch Herzbeutel und Bauchfell auszeichnet, wird durch Guanincrystalle verursacht, welche namentlich in die bindegewebigen Schuppentaschen reichlich eingebettet sind. Sie werden bei manchen Fischen (*Alburnus lucidus*) durch ihren besonders schönen Glanz technisch werthvoll: durch Kochen mit Ammoniak werden sie aus der Fischhaut befreit und liefern in dieser Flüssigkeit suspendirt den wichtigen Theil der Perlenessenz (Essence d'Orient), welche zur Fabrication künstlicher Perlen benutzt wird, indem sie äusserlich auf Alabasterkügelchen aufgetragen wird (römische Perlen) oder zu einem Ueberzug auf der Innenseite von Glaskügelchen dient, welche dann noch mit Wachs ausgegossen werden (Pariser Perlen). — Die ausser dem Silberglanz noch vorkommenden Farben und Zeichnungen lassen sich auf Chromatophoren der Lederhaut zurückführen, welche unter dem Einfluss des Nervensystems ihre Gestalt und Ausdehnung und damit auch ihren Antheil an der Gesammtfärbung verändern können. Daher rührt die Anpassungsfähigkeit vieler Fische an ihre Umgebung. Die Schollen und Flundern (*Pleuronectiden*) z. B. nehmen die Farbe des Untergrundes an und besitzen hierin ein wichtiges Mittel, sich vor ihren Feinden zu verbergen. Geblendete Thiere ver-

lieren diese Fähigkeit, weil sie beim Mangel der Augen über die Farbe der Umgebung nicht mehr orientirt sind.

Wirbelsäule. Das Axenskelet der Fische zeigt viele nur in dieser Classe vorkommende Grundzüge, gewinnt aber gleichwohl in den einzelnen Ordnungen ein sehr verschiedenes Aussehen, welches vor Allem davon abhängt, ob das Skelet knorplig ist oder verknöchert. Die Wirbelsäule besteht fast stets aus amphicoelen Wirbelkörpern mit oberen und unteren Bögen. In den vorderen und hinteren Aushöhlungen der Wirbelkörper besteht die Chorda fort, welche demnach ein intervertebral anschwellender, rosenkranzförmiger Strang ist. Die Bögen schliessen sich mittelst unpaarer Dornfortsätze zusammen, die oberen — den Rückenmarkscanal erzeugend — überall, die unteren nur in der Schwanzgegend (Caudalcanal) (Fig. 462, 463), während in der Rumpfregion die unteren Bögen aus 2 Theilen, Rippe und Querfortsatz, bestehen und ventral nicht zur Vereinigung kommen. Auch fehlt die Vereinigung der unteren Rippenenden durch das Dazwischentreten eines Sternum, da dieses bei keinem Fisch vorhanden ist. So lange die Verknöcherung ausbleibt oder unvollkommen ist, sind die oberen und unteren Bögen in jedem Segment zu je zwei Paaren vorhanden; das dem Kopf zugewandte vordere Bogenpaar ist das stärkere und bleibt bei Fischen mit knöcherner Wirbelsäule allein erhalten; das zweite ist sehr viel kleiner, so dass man es gar nicht zu den oberen resp. unteren Bögen rechnet, sondern von oberen und unteren Intercalarstücken spricht (Fig. 494).

Schädel. Für den Fischschädel ist besonders charakteristisch die gute Ausbildung und grosse Zahl der *Visceralbögen* sowie ihre Unabhängigkeit von der Schädelkapsel, von welcher sie ohne Mühe abgelöst werden können. Die nach Entfernung der Visceralbögen für sich dargestellte Schädelkapsel hat bei allen Knorpelfischen (Fig. 494) einen sehr einfachen Bau, wird aber bei Knochenfischen durch Auftreten von Verknöcherungen um so complicirter, da die Knochen sehr zahlreich sind und nicht, wie bei den Säugethieren, zum Theil unter einander zu grösseren Knochen verschmelzen; auch sind zwischen den einzelnen Fischfamilien grosse Unterschiede wahrnehmbar, indem bei einigen Knochen auftreten, welche den anderen fehlen (Fig. 465, 495). Durch besondere Constanz zeichnen sich die grossen Belegknochen der Schädeldecke (Parietalia [*p*], Frontalia [*fr*], Nasalia [*na*]) und der Schädelbasis aus. Letztere ist fast in ganzer Länge von einem unpaaren mächtigen Belegknochen zugedeckt, der sonst nur noch bei den *Amphibien* (Fig. 510) vorkommt und daher besondere Beachtung verlangt, von dem Parasphenoid (*ps*). Der am vorderen Ende des Parasphenoid sitzende Vomer (*vo*) ist ebenfalls unpaar, während bei allen übrigen Wirbelthieren der Vomer paarig an der Spitze des ersten Visceralbogens angelegt wird. Unter den primären Knochen sind in ihrer Ausbildung am constantesten die ersten, die drei Ethmoidea (ein öfters paariges Mesethmoid, zwei Exethmoidea [*me* und *ee*]), und die letzten, die vier Occipitalia (Basioccipitale [*oc. s.*], Exoccipitale [*oc. l.*], Supraoccipitale [*oc. b.*]). Dagegen ergeben sich Verschiedenheiten in der Gehör- und Augengegend. Bei der ganz ausserordentlichen Grösse des Labyrinths sind zahlreiche Otica vorhanden, meist (Fig. 495) fünf (drei obere: Sphenoticum *spho*, Pteroticum *pto*, Epioticum *epo* und zwei untere: Prooticum *pro* und Opisthoticum *oo*), seltener vier (Fig. 465) in Folge Mangels des Opisthoticum. In der Augengegend sind die Knochen des Keilbeinkörpers (Praesphenoid und Basisphenoid) bald gut entwickelt, bald rudi-

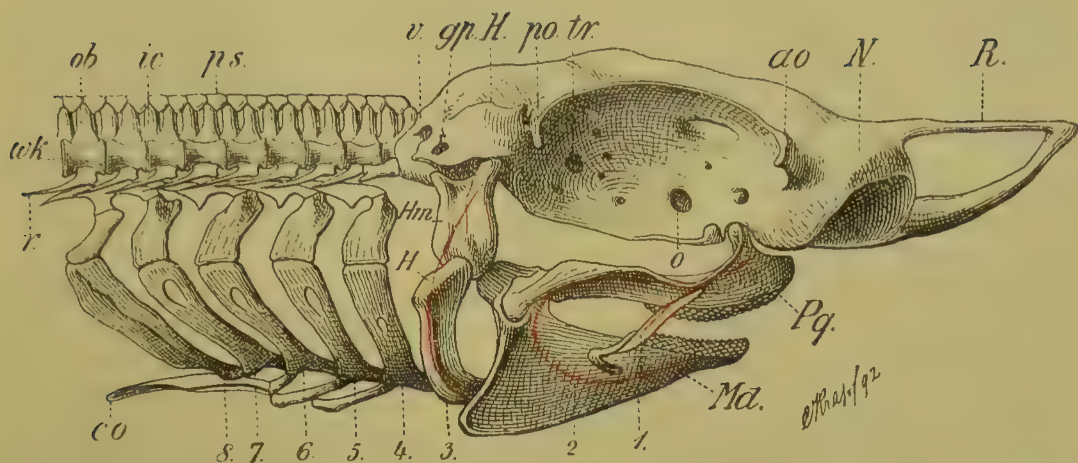


Fig. 494. Anfang der Wirbelsäule und Schädel mit innerem Visceralskelet von Mustelus vulgaris. *wk* amphicoele Wirbelkörper, *r* Rippen, *ob* obere Bögen, *ic* Intercalaria, *ps* Processus spinosi; Schädel: *v* Vagusloch, *gp* Glossopharyngäusloch, *po* Postorbialfortsatz, *ao* Antorbitalfortsatz, *tr* Trigeminusloch, *o* Opticusloch, *H* Hörkapsel, *N* Nasenkapsel, *R* Rostrum, *1*–*8* Visceralbögen, *1* Lippenbogen, 2 Kieferbogen, *Pq* Palatoquadatrum, *Md* Mandibulare, *3* Zungenbeinbogen, *Hm* Hyomandibulare, *H* Hyoid, *3*–*8* Kiemenbögen, *co* Copula.

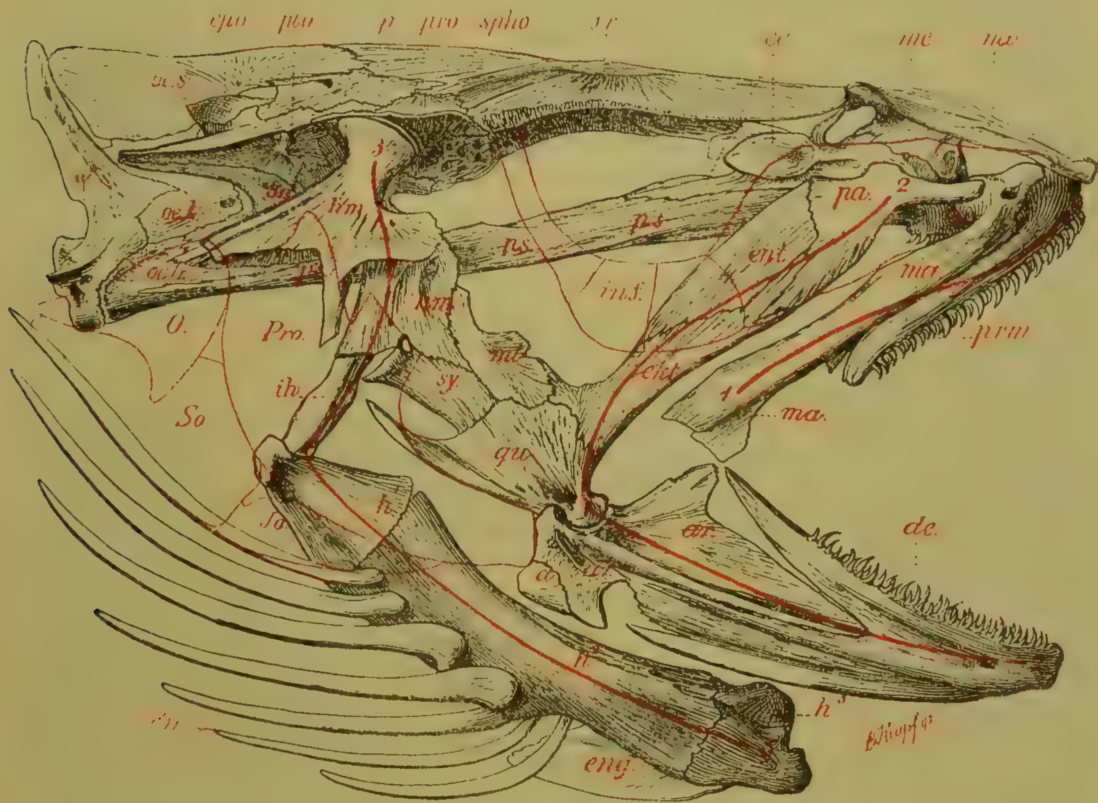


Fig. 495. Schädel mit erstem Wirbel und mit vorderem Visceralskelet vom Schellfisch. Die Knochenconturen der Opercula und des Infraorbitalrings roth eingezeichnet. Schädel: *ocb*, *ocl*, *ocs* Basioccipitale, Exoccipitale, Supraoccipitale, *epo*, *pto*, *spho*, *oo pro* Epioticum, Pteroticum, Sphenoticum, Opisthoticum, Prooticum, *p* Parietale, *fr* Frontale, *na* Nasale, *me* Mesethmoid, *ee* Exethmoid, *ps* Parasphenoid, *vo* Vomer. Visceralskelet: 1. Maxillarreihe, *prm* Prämaxillare (Intermaxillare), *ma* Maxillare; 2. Kieferbogen: Palatoquadratum: *pa* Palatinum, *ent* Entopterygoid, *ekt* Ektopterygoid, *mt* Metapterygoid, *qu* Quadratum; Mandibulare: *ar* Articulare, *a* Angulare, *de* Dentale; 3. Zungenbeinbogen: *hm* Hyomandibulare, *sy* Symplecticum, *ih* Interhyale, h^1–h^3 Knochen des Hyoids, *ent* Os Entoglossum, *rbr* Radii branchiostegi, *w* Wirbel. Rothgedruckte Knochen: *O* Operculum, *Io* Interoperculum, *So* Suboperculum, *Pr* Praeoperculum, *inf* Infraorbitalring. *1*. *2*. *3* Axenlinien des Lippenbogens, Kieferbogens und Zungenbeinbogens.

mentär, bald fehlen sie gänzlich: sie sind nicht so wichtig wie bei den *Amnioten*, da das grosse Parasphenoid der Schädelbasis genügende Festigkeit verleiht. Aehnliches gilt für die Ali- und Orbitosphenoidea (Fig. 465 *as* und *os*); je nachdem dieselben gut oder unvollkommen oder gar nicht ausgebildet sind, befindet sich am macerirten Schädel zwischen den beiden Augen eine vollkommen knöcherne Scheidewand (Fig. 465) oder eine mehr oder minder weit klaffende Lücke, die Fenestra interorbitalis (Fig. 495.)

Visceralskelet.

Die Beschaffenheit des Visceralskelets steht mit dem Aufenthalt im Wasser im unmittelbarsten Zusammenhang. Alle Fische haben zahlreiche Kiemenbögen (5—7, meistentheils 5), welche in allen Abtheilungen im Wesentlichen gleichen Bau haben, da ihre Function — Kiemen zu tragen — überall die gleiche ist. Mögen sie knöchern oder knorpelig sein, stets bestehen sie jederseits aus je 4 Stücken und sind durch unpaare Copulae mit denen der anderen Seite verbunden. Ihre oberen Enden sind häufig bezahnt und stehen dem kleinen letzten Bogen beim Kauen gegenüber, weshalb man diese ungleichwerthigen Stücke als Ossa pharyngaea superiora und inferiora in Vergleich stellt. — Die vorderen Visceralbögen ergeben bei den Knorpelfischen und Knochenfischen grosse Unterschiede. Nach der Art, wie sie beim Kauen verwendet werden, kann man Gaumen- und Kieferkauer unterscheiden. *Gaumenkauer* sind die Knorpelfische (Fig. 494), weil hier die Zähne des Palatoquadratum (*Pq*) (der Gaumenanlage) und des Mandibulare (*Md*), also die Zähne des oberen und unteren Abschnitts des Kieferbogens gegen einander wirken. *Kieferkauer* (Fig. 495) sind alle Fische mit verknöchertem Skelet, weil mit der Verknöcherung die Elemente der Maxillarreihe (Zwischenkiefer *prm* und Oberkiefer *ma*) auftreten und die Knochen des Palatoquadratum, der Gaumenreihe (Pterygoidea *mt*, *ekt*, *ent* und Palatina *pa*) zurückdrängen. Dabei werden die Maxillaria und die Praemaxillaria die Antagonisten des Unterkiefers (Mandibulare), während die Knochen der Gaumenreihe dem unteren Abschnitt des Zungenbeins entgegenwirken.

Ein zweiter hervorstechender Charakter der Knochenfische wird schon bei den Knorpelfischen vorbereitet: die Umwandlung des Hyomandibulare zum Kieferstiel. Schon bei den *Haien* (speciell den Rochen) wird die gleichmässige parallele Anordnung des Zungenbeinbogens und des Kieferbogens aufgegeben, indem das Hyomandibulare sich vom Hyoid lockert und am Kiefergelenk enger befestigt. Bei den Knochenfischen führt das dahin, dass das Hyomandibulare das hintere Ende des Palatoquadratum, das Os quadratum, vom Schädel abdrängt und sich selbst zwischen beide Theile einschiebt, das Kiefergelenk indirect mit dem Schädel verbindend. Durch einen nur bei den Fischen vorkommenden Knochen, das Symplecticum (*sy*), wird diese Beziehung zum Quadratbein vermittelt, während ein schwächeres Stück, das Interhyale (*ih*), die Verbindung mit dem unteren Abschnitt des Zungenbeinbogens bewahrt.

Ein letztes nur bei einem Theil der Fische vorkommendes Merkmal des Visceralskelets ist die Ausbildung des Opercularapparats, einer Anzahl knöcherner Platten und Stacheln, welche vom Zungenbeinbogen ausgehen und sich schützend über die Kiemenbogen herüberlegen; der Opercularapparat entsteht zum Theil im Anschluss an das Hyomandibulare (die ansehnlichen Knochenplatten der Opercula, Fig. 495 *O*, *Pro*, *So*, *Io*), zum Theil im Anschluss an das Hyoid (die Radii bran-

chiostegi). Die grosse Bedeutung dieser Einrichtung werden wir erst bei der Besprechung der Kiemen kennen lernen. Sie verleihen dem Fischschädel, bei dem sie vorkommen, ein ganz bestimmtes Gepräge, verdecken aber zugleich dessen Architectonik, weshalb sie ebenso wie ein unter dem Auge hinziehender Knochenring, die Infraorbitalia (*inf*), in der Zeichnung (Fig. 495) mit anderer Farbe eingetragen sind.

Extremitäten.

Nicht minder als das Visceralskelet wird das Skelet der Extremitäten in seiner Beschaffenheit vom Wasseraufenthalt beeinflusst. Die Fische besitzen Flossen; zum Unterschied von den *Cyclostomen* haben sie die zwei paarigen, die Brust- und Bauchflossen (*P. thoracicae* und *abdominales*), zum Unterschied von wasserbewohnenden *Amphibien, Reptilien* und *Säugethieren*, bei denen die paarigen Extremitäten nicht selten auch flossenartig gestaltet sind, die drei unpaaren Flossen, die Rücken-, Schwanz- und Afterflosse (*P. dorsalis, caudalis, analis*). Nur selten werden die Bauchflossen, wie bei den *Aalen*, noch seltener auch die Brustflossen (*Muraenen*) rückgebildet, was dann irrthümlich als Verwandtschaft mit den *Cyclostomen* gedeutet werden könnte. — Die Function der Flossen als Organe zum Rudern und Steuern des Fischkörpers und zur Erhaltung der Gleichgewichtslage bringt es mit sich, dass sie breite, überall gut gestützte Platten sein müssen. Daher erklärt es sich, dass zahlreiche Skelettheile vorhanden sind, ausser den knorpelig präformirten Flossenstützen noch die bald hornigen, bald knöchernen Flossenstrahlen, dass ferner alle Theile ziemlich gleichförmig gestaltet und fest, wenn auch elastisch mit einander verbunden sind. In der Flosse selbst fehlen die Gelenke, sie sind nur an der Basis nöthig und auch hier allein ausgebildet, da wo die Flosse gegen die Körperoberfläche bewegt werden soll und an den Trageapparaten der Flosse befestigt ist. Die Trageapparate der paarigen Flossen, der Schultergürtel und der Beckengürtel, sind bogenförmige Skeletstücke, welche mit der Wirbelsäule in keinem directen Zusammenhang stehen; dagegen ist der Schultergürtel, in welchen niemals ein Sternum eingeschaltet ist, bei den meisten *Ganoiden* und *Teleostiern* durch eine Reihe complicirter Knochen mit dem Schädel in der Gegend der Epiotica verbunden und nur bei den *Haien* frei in die Muskeln eingelassen. Letzteres gilt für sämmtliche Fische rücksichtlich der Bauchflossen, welche daher ein im Fischkörper leicht verschiebbares Element darstellten. Ihre ursprüngliche Lage ist am hinteren Ende der Leibeshöhle (Bauchflosser, *Pisces abdominales* [Fig. 503, 505]); von hier aus sind sie bei den *P. thoracici* (Brustflosser) nach vorn bis unter die Brustflossen verschoben (Fig. 506); bei den *P. jugulares* (Kehlflosser) rücken sie sogar über diese Linie hinaus vor die Brustflossen in die Kehlgegend.

Zur Befestigung der unpaaren Rücken- und Afterflossen dienen die knorpelig präformirten Skelettheile der Flosse, die Flossenstützen, welche Flossenträger genannt werden, weil sie mit einem Ende auf den Dornfortsätzen der Wirbelsäule sitzen, mit dem anderen Ende sich an die Flossenstrahlen befestigen. Für die Rückenflosse dienen die Processus spinosi der Neurapophysen als Stützpunkte, für die Analflosse die Processus spinosi der Hämaphophysen; bei der Schwanzflosse sind die Flossenstrahlen ohne Vermittelung besonderer Träger unmittelbar den dorsalen und ventralen Dornfortsätzen aufgesetzt. In der Ausbildung der Schwanzflosse unterscheidet man verschiedenerlei Zuständen, welche als Diphycerkie, Heterocerkie

und Homocerkie bezeichnet werden und systematisch sehr wichtig sind (Fig. 10, S. 32). Der ursprüngliche Zustand ist die Diphycerkie; die Wirbelsäule dringt hier gerade gestreckt in die Mitte der Flosse ein und halbirt sie in symmetrische dorsale und ventrale Theile, so dass ein gleich grosser Abschnitt der Flosse von ventralen und von dorsalen Dornfortsätzen getragen wird. — Bei der Heterocerkie (*B*) ist die Axe der Wirbelsäule von der Flossenbasis an ein wenig stumpfwinklig nach aufwärts gebogen, so dass die dorsale Partie der Flosse eingeengt wird, während die ventrale sich kräftiger entwickelt hat und viel zahlreichere Flossenstrahlen erhält. Eine solche Flosse macht äusserlich und innerlich den Eindruck grosser Asymmetrie. — Die homocerke Flosse (*D*) endlich erscheint auf den ersten Blick vollkommen symmetrisch; sie ist aber thatsächlich im höchsten Maass asymmetrisch. Da das Wirbelsäulenende, die unverknöcherte Chorda (*ch*), fast rechtwinkelig aufgebogen ist, kommt der dorsale Abschnitt der Flosse kaum noch zur Entwicklung, und wird die Schwanzflosse fast ausschliesslich vom ventralen Abschnitt gebildet, der nun meist durch eine Einbuchtung in einen oberen und unteren Lappen abgetheilt wird (*D*). Entwicklungsgeschichtlich wird übrigens auch die homocerke Flosse diphycerk angelegt, durch Aufkrümmen des Wirbelsäulenendes wird sie aber bald heterocerk und schliesslich homocerk.

Muskulatur. Da der Aufenthalt im Wasser einfache Bedingungen der Fortbewegung bietet, ist auch die Fischmuskulatur sehr einfach und besteht vorwiegend aus Längsmuskeln, welche durch die Lig. intermuscularia in Myocommata zerlegt werden. Die Myocommata haben die Gestalt von Kegelmänteln, welche ihre Spitzen nach vorn wenden und tütenartig in einander gesteckt sind, so dass ein Querschnitt mehrere solcher Tüten trifft und das Bild concentrischer Ringe liefert. Man findet ferner auf einem Querschnitt jeder Seite zwei solcher concentrischen Systeme, ein dorsales und ein ventrales, da die gesammte Längsmuskulatur durch eine laterale Einschnürung in einen dorsalen und ventralen Abschnitt zerlegt wird. Ausser den Stammmuskeln existiren noch kleinere Muskelgruppen, die sich an die Flossen, die Kiemenbögen, die Kiefer, Augen u. s. w. begeben, welche aber im Verhältniss zu jener Hauptmasse einen unbedeutenden Abschnitt der Muskelmasse ausmachen und genetisch vorwiegend abgelöste Theile derselben sind. — Auf Umbildung von Muskeln sind auch die elektrischen und pseudoelektrischen Organe zurückzuführen, welche bei den verschiedensten Fischen vorkommen und bald am Rumpf, bald am Schwanz angebracht sind. Jedes Organ besteht aus zahlreichen vertical oder horizontal dicht neben einander gestellten Säulchen, jedes Säulchen aus vielen nach Art der Volta'schen Säule über einander geschichteten Gallertplatten (Aequivalenten der Muskelbündel), an welche Nerven unter Bildung besonderer Endplatten herantreten. Bei den Schlägen, die selbst grosse Säugethiere lähmen können, wirkt das Nervenende elektronegativ.

Hirn- und Sinnesorgane. Das Fischhirn (Fig. 496, 497) bekundet die niedere Organisation der Classe vornehmlich durch die geringe Entwicklung der Grosshirnrinde. Namentlich gilt dies für die *Knochenfische* (Fig. 496 *VII*), bei denen man an Stelle der Grosshirnrinde eine dünne Epithelschicht vorfindet; was man früher kurzweg hier Grosshirn nannte, sind nur die basalen Abschnitte, die Corpora striata der menschlichen Anatomie. Sehr ansehnlich sind die zu selbständigen Abschnitten gewordenen Lobi olfactorii (*Lol*), die entweder dem Grosshirn dicht anliegen (die meisten *Teleostier*) oder durch einen Zwischenraum getrennt und mit ihm in Folge dessen durch einen

Tractus olfactorius verbunden sind (Fig. 497 *h*). Die Thalami optici des Zwischenhirns sind klein (Fig. 496 *ZW*), dagegen finden sich an seiner Basis 2 für die Fische charakteristische Anschwellungen, die Lobi inferiores. Sehr stark entwickelt ist auch das Mittelhirn (*MH*) und der dem Wurm entsprechende Theil des Kleinhirns (*HH*).

Die Nase besteht aus 2 praeoralen Grübchen, die zur Mundhöhle meist in keinerlei Beziehung stehen. Der Ein- und Abfluss des zum Riechen dienenden Wassers wird dadurch regulirt, dass durch eine Hautbrücke die Mündung des Grübchens in einen äusseren und inneren Theil zerlegt wird. Eine Ausnahme machen nur die *Selachier* und *Dipneusten*; bei ersteren erstreckt sich jederseits eine von Falten überdeckte Furche durch die Lippen hindurch (Fig. 504); bei letzteren findet sich ein Nasengaumengang. — Das Auge der Fische hat mehrere Eigenthümlichkeiten; die Linse ist auffallend stark gewölbt und besitzt fast die Gestalt einer Kugel, eine Einrichtung, welche dadurch nöthig wird, dass der optische Effect der Cornea bei der zwischen Wasser und Gewebe bestehenden geringen Brechungsdifferenz viel kleiner ausfällt als bei landbewohnenden Wirbelthieren. Zweitens findet sich häufig der Processus falciformis, ein sichelförmiger Fortsatz der Chorioidea, welcher durch die Retina hindurch in den Glaskörper eindringt und vom Opticuseintritt bis zur Linse reicht, wo er zur Campanula Halleri anschwillt. Bei den *Knochenfischen* liegt neben der Eintrittsstelle des N. opticus ein räthselhaftes Organ, die Chorioidealdrüse, welche vornehmlich aus Blutgefässen (Wundernetz) besteht. Weit verbreitete, aber nicht constante Vorkommnisse sind Verknöcherungen und Verknorpelungen der Sclera. Bewegliche Augenlider sind gar nicht vorhanden oder ganz schwach angedeutet; nur bei gewissen *Selachiern* findet sich eine Nickhaut. — Entsprechend der grossen Ausdehnung der Gehörkapsel und der in ihr sich entwickelnden und früher schon als Otica erwähnten Knochen ist auch das Gehörorgan der Fische, das Labyrinth, von einer Grösse wie bei keinem anderen Wirbelthiere: Sacculus und Utriculus (Fig. 478 *S* u. *U*) beginnen sich von einander durch eine Einschnürung zu trennen; am Sacculus bereitet eine Aussackung, die Lagena, schon die Anlage der Schnecke vor; am Utriculus hat sich zu den zwei schon bei *Petromyzon* vorhandenen halbzirkelfömigen Canälen noch ein dritter hinzugesellt.



Fig. 496.



Fig. 497.

Fig. 496. Hirn von Perca Schraetser. *I* Nervus olfactorius, *Lol* Lobus olfactorius, *VH* Vorderhirn (Grosshirn), *ZH* Zwischenhirn (Th. optici), *MH* Mittelhirn (C. quadrigemina), *HH* Hinterhirn (Cerebellum), *NH* Nachhirn (Medulla oblongata), *Sc* Rautengrube, *R* Rückenmark (aus Wiedersheim).

Fig. 497. Hirn von Scyllium catulus mit den Geruchskapseln (*o*); *h* Bulbus und Tractus olfactorius, *g* Grosshirn, *d* Zwischenhirn (Th. optici), *c* Mittelhirn (Corpora quadrigemina), *b* Hinterhirn (Cerebellum), *a* Nachhirn (Medulla oblongata) (aus Gegenbaur).

Von allen Sinnesorganen am auffallendsten sind die Sinnesorgane der

Haut; speciell sind die Sinnesorgane der Seitenlinie Gebilde, welche nirgends so gut entwickelt sind wie bei den Fischen und überhaupt sonst nur noch bei *Cyclostomen* und wasserbewohnenden *Amphibien* oder *Amphibien*-Larven vorkommen. Bei allen Fischen erstreckt sich auf jeder Seite des Körpers eine deutliche Längslinie (Fig. 506 *Sl*), die an der Schwanzspitze beginnt und am Kopf in mehrere gewundene Linien ausgeht. Veranlasst ist die Zeichnung durch einen in den Schuppen verlaufenden einheitlichen Längscanal oder durch viele in gleicher Richtung gestellte kleinere Canäle. Das Canallumen ist in beiden Fällen durch zahlreiche die Schuppen durchbohrende Canäle nach aussen geöffnet. An dem Röhrensystem verästelt sich ein besonderer Ast des Nervus vagus, der N. lateralis, welcher vom Kopf bis an die Basis der Schwanzflosse reicht und mit seinen feinsten Endzweigen besondere Sinnesorgane, die Nervenendhügel, versorgt. Dieselben Nervenendhügel können sich auch an anderen Stellen in Vertiefungen der Haut, den Ampullen, vorfinden. Ihre Function ist vollkommen räthselhaft, da bei *Säugethieren* und *Menschen* nichts Aehnliches vorkommt. Die Beschränkung der Sinnesorgane auf Wasserbewohner macht es wahrscheinlich, dass sie in irgend welcher Weise das Thier über die Beschaffenheit des Wassers orientiren sollen. — Ueber die Nervenendknospen, welche ausserdem in der Fischhaut, speciell an den Barteln und Lippen vorkommen, wurde schon früher bemerkt, dass sie zu den Geruchs- und Geschmacksorganen überleiten (S. 452).

Darm. Viel wichtiger als die bisher besprochenen animalen Organe sind für die Systematik der Fische die vegetativen Organe, vor Allem Darm, Kiemen und Herz. Der Darm ist nur im Bereich der zu einem einheitlichen Raum vereinten Mund- und Rachenhöhle geräumig, von da verjüngt er sich zu einem verhältnissmässig wenig in Windungen gelegten Rohr, an welchem Oesophagus, Magen, Dünn- und Dickdarm nicht sehr scharf gegen einander abgesetzt und auch durch Dicke nur unbedeutend unterschieden sind. Mund- und Rachenhöhle sind in ganz auffallender Weise bezahnt. Bei den *Knochenfischen* können fast alle Knochen der Schädelbasis und des Visceralskelets — bei manchen Arten diese, bei andern jene — mit gewöhnlich hechelförmigen, angewachsenen Zähnen bedeckt sein. Bei den *Haien* sind die der Schleimhaut eingepflanzten Zähne meist auf Palatoquadratum und Mandibulare beschränkt, aber in vielen Reihen hinter einander gestellt. In beiden Fällen besteht ein unbegrenzter Zahnersatz, da namentlich die in der Schleimhaut befestigten Zähne leicht ausfallen. — Leber und Milz sind stets vorhanden, eine Gallenblase und ein Pancreas meistens.

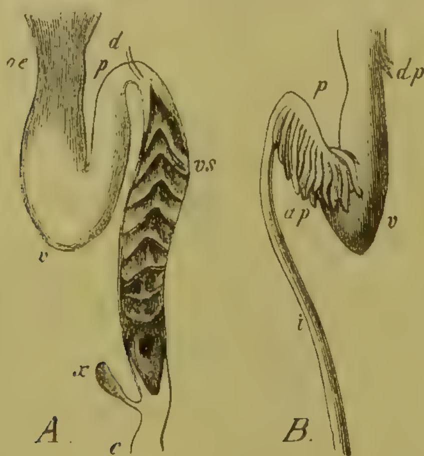


Fig. 498. Darm *A* von Squatina vulgaris, *B* von Trachinus radiatus (aus Gegenbaur); *oe* Oesophagus, *v* Magen, *p* Pylorus, *d* Ductus choledochus, *vs* Spiralklappe, *c* Enddarm, *x* Anhang desselben, *dp* Ende des Schwimmblasengangs, *ap* Appendices pyloricae, *i* Dünndarm.

Systematisch wichtige Unterschiede treten in der Beschaffenheit des Dünndarms und des Pharynx hervor. Bei vielen Fischen (Fig. 498 *B*) sind am Pylorus (*p*) am Uebergang von Magen (*v*) und Dünndarm (*i*) dickwandige Blindsäcke, die Appendices pyloricae (*ap*) vorhanden; andere Fische haben dagegen die Spiralklappe (Fig. 498 *A vs*),

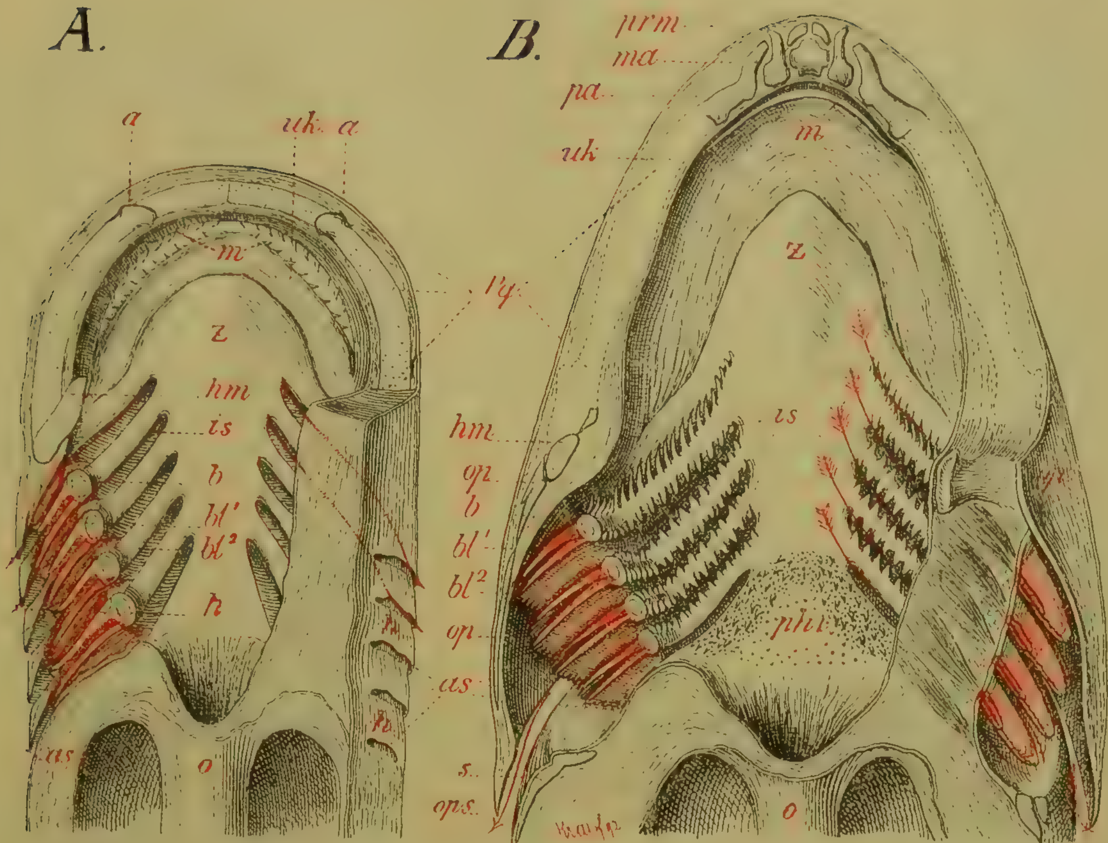


Fig. 499. Der Kiemendarm eines Haies (*A*) und eines Teleostiers (*B*) durch Entfernen des Schädels freigelegt, jedesmal auf der linken Seite die Kiemenregion horizontal durchschnitten. *A* Zygaena malleus. *B* Gadus aeglefinus. *Pq* Palatoquadratum, *a* vordere Befestigung am Schädel, *uk* Unterkiefer, *m* Mund, *prm* Prämaxillare, *ma* Maxillare. *pa* Palatinum, *hm* Hyomandibulare, *is* innere Kiemenspalten, *as* äussere Kiemenspalten, *ops* Kiemendeckelspalt, *h* Hautbrücken, *b* Kiemenbögen, bl^1 vordere, bl^2 hintere Kiemenblättchen derselben, *op* Opercula, *s* Schultergürtel, *z* Zunge, *phi* Ossa pharyngaea inferiora, *o* Oesophagus.

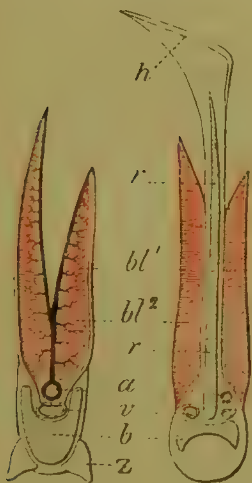


Fig. 500. Querschnitte durch Kiemenbögen und Kiemen von Zygaena (rechts) und Gadus (links) etwas vergrössert. *b* Kiemenbögen, *z* Zähne, *a* Arterie, *v* Vene, bl^1 vordere, bl^2 hintere Kiemenblättchen. *r* Knorpelradius, *h* Hautbrücke.

eine Schleimhautfalte, welche wendeltreppenartig auf der Innenseite des Dünndarms herabsteigt. Selten kommen beide Einrichtungen gleichzeitig neben einander vor.

Die Unterschiede in der Pharyngealregion werden durch das Verhalten der Kiemen veranlasst (Fig. 499), deren man 2 Arten: Bedeckte Kiemen (*A*) und Kammkiemen (*B*) unterscheidet. Bei beiden beginnen die zwischen zwei Kiemenbögen (*b*) gelegenen Kiemengänge auf der Darmseite mit den inneren Spalten (*is*); ihre Mündungen nach aussen zeigen jedoch verschiedenes Verhalten. Bei den bedeckten Kiemen (*A*) sind die jederseits in einer Reihe hinter einander liegenden äusseren Kiemenspalten (*as*) von einander durch breite Hautbrücken getrennt, welche keinen Einblick in die Kiemengänge gestatten und die Kiemenblättchen ganz verdecken (Fig. 503). Letztere sind blutgefässreiche, rothe, lanzettförmige Schleimhautfalten, welche in der Richtung des Kiemenganges in dessen vorderer und hinterer Wand verlaufen. Jeder Kiemenbogen **Kiemen.**

trägt, wie der Querschnitt (Fig. 499 *A* und 500) zeigt, 2 Reihen Kiemenblättchen, die verschiedenen Kiemenspalten angehören und abgesehen von den Hautbrücken noch weiterhin durch Gewebe (die knorpeligen Kiemenradien) von einander getrennt werden. Bei den Kammkiemen (*B*) fehlen die Hautbrücken, und auch das trennende Zwischengewebe ist je nach den Arten mehr oder minder vollständig geschwunden; die Kiemenblättchen, die auf einem gemeinsamen Kiemenbogen sitzen, rücken daher zusammen; ihre Enden ragen wie Zinken eines zweireihigen Kammes (daher der Name) frei in das Wasser und würden bei dem Mangel schützender Hautbrücken und bei ihrer ausserordentlichen Weichheit der Gefahr folgenschwerer Verletzungen ausgesetzt sein, wenn sie nicht durch eine neue Schutzvorrichtung, den Opercularapparat, gesichert würden. Der Opercularapparat ist eine Hautfalte, die vom Zungenbeinbogen ausgeht und sich über die Kiemenregion ausbreitet; sie wird von zweierlei Skeletstücken gestützt, den Opercula (Fig. 495 *O*, *So*, *Io*, *Pro*), die am Hyomandibulare ansitzen und den Radii branchiostegi (Fig. 495 *rbr*), die vom Hyoid entspringen und die Membrana branchiostega ausspannen. Zwischen dem freien Rand von Kiemendeckel und Membrana branchiostega einerseits und der Hautoberfläche andererseits findet sich der Kiemendeckelspalt (Fig. 500 B. *ops*), der mit den äusseren Kiemenspalten selbstverständlich nicht identisch ist, sondern in einen Vorraum führt, in den die Kiemenspalten münden. Dem Gesagten zufolge sind Opercularapparat und Kammkiemen Bildungen, die in ursächlichem Zusammenhang stehen und stets gleichzeitig vorkommen.

Schwimmblase. Neben den Kiemen findet sich im Körper der Fische auch noch das Homologon der Lunge, die nur den *Haien* und einigen *Knochenfischen* constant fehlende Schwimmblase. Sie ist ein öfters sanduhrförmig eingeschnürter, von Gasen prall gefüllter Sack mit einem Ausführweg, dem Ductus pneumaticus, der zum Oesophagus führt (*Physostomen*), bei vielen ausgebildeten Fischen freilich (*Physoclisten*) durch Rückbildung verloren gegangen ist. Die Schwimmblase dient selten (bei den *Dipneusten* und einigen *Ganoiden*) zur Athmung, meist ist sie ein hydrostatischer Apparat: wird ihr Luftinhalt zusammengedrückt, so wird der Fisch specifisch schwerer und sinkt in die Tiefe; umgekehrt steigt er beim Nachlassen des Drucks in die Höhe. Wird die Schwimmblase hierdurch dem Fisch von Nutzen, so kann sie ihm auf der anderen Seite auch verderblich werden, wenn er aus grossen Tiefen plötzlich gewaltsam in die Höhe gezogen wird. Dann kann das sich ausdehnende Gas nicht nur die Schwimmblase sprengen, sondern auch die Bauchdecken trommelartig auftreiben und sogar die Eingeweide zur Mundhöhle hervorpressen (Trommelsucht). Fische ohne Schwimmblasengang werden der Gefahr der Trommelsucht mehr ausgesetzt sein als Fische, bei denen der Schwimmblasengang wenigstens ein allmähliges Ausströmen der Luft gestattet.

Herz. Unmittelbar hinter der Kiemenregion liegt das Herz, eingebettet in das Pericard und gegen Verletzung von aussen geschützt durch den von links und rechts zusammenschliessenden Schultergürtel (Fig. 501 *A*). Ueberall besteht es aus Kammer (*v*) und Vorkammer (*a*), welche durch zwei, das Rückstauen des Blutes verhindernde Klappen von einander getrennt werden; ferner giebt es überall durch den Truncus aortae das Blut an die Kiemen ab und empfängt dasselbe aus einem dünnwandigen Sack, dem Venensinus (*s*), in den die durch Vereinigung der Cardinal- und Jugularvenen entstandenen Ductus Cuvieri münden. (Vergl. auch

Seite 88 Fig. 62). Dagegen ergeben sich Unterschiede in der Ausbildung zweier, für die Systematik der Fische sehr wichtiger Abschnitte, des Conus arteriosus und des Bulbus arteriosus. Conus und Bulbus arteriosus schliessen sich im Allgemeinen in ihrem Vorkommen aus; beide sind musculöse Hilfsorgane, von denen das erste aus dem Herzen, das zweite aus der Aorta hervorgeht; demgemäss besteht der Conus aus quergestreiften, der Bulbus aus glatten Muskelfasern. Das Ende des Herzens gegen die Arterie wird durch die Region der Semilunarklappen bezeichnet, welche ebenso wie die Atrioventricularklappen das Zurückstauen des Blutes verhindern. Hat sich diese Region unter grosser Vermehrung der Klappenreihen verlängert und mit Muskeln bedeckt, so entsteht der Conus arteriosus (Fig. 501 *A k*), während der Bulbus arteriosus (Fig. 501 *C b*) eine musculöse Anschwellung jenseits dieser Stelle im Verlauf der Aorta ascendens ist. — Die Verbindung von Aorta ascendens und descendens wird bei jungen Fischen durch direct aufsteigende Kiemenarterien vermittelt (Fig. 502), später durch die complicirten Nebenschliessungen des Kiemenkreislaufs. Man kann dann zuführende Arterien, respiratorische Kiemencapillaren und rückführende Venen unterscheiden, welch letztere sich zur Aorta descendens vereinen (Fig. 62) und auch die grossen Kopfarterien (Carotiden) abgeben.

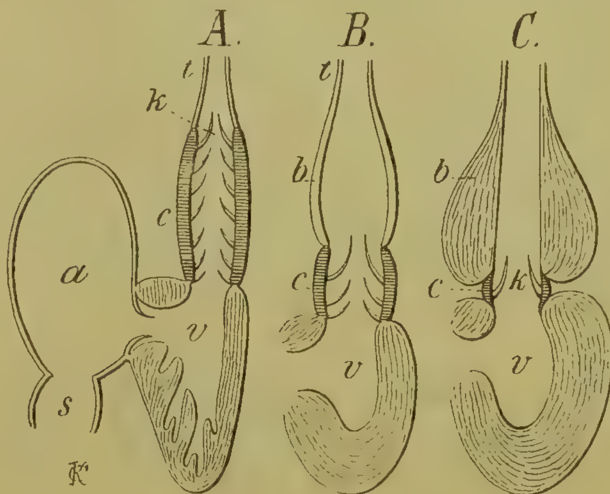


Fig. 501. Verschiedene Herzformen der Fische im Sagittalschnitt halbschematisch dargestellt. *A* Herzform der Haie und Ganoiden, *B* von Amia, *C* eines Knochenfisches. *s* Venensinus, *a* Vorhof, *v* Kammer, *c* Conus arteriosus, *k* Klappen desselben, *t* Truncus aortae, *b* Bulbus arteriosus (nach Boas).

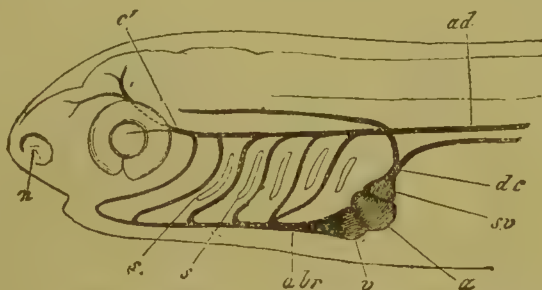


Fig. 502. Kopf eines Knochenfischembryos mit der Anlage des Gefässsystems (Schema aus Gegenbaur). *dc* Ductus Cuvieri (aus Vereinigung von vorderen Jugular- und hinteren Cardinalvenen entstanden) *sv* Sinus venosus, *a* Vorhof, *v* Kammer des Herzens, *abr* aufsteigende Aorta mit davon abgehenden Arterienbögen, *ad* absteigende Aorta, *c′* Carotis (Kopfarterie), *s* Kiemenspalten, *n* Nasengrube.

Urogenitalsystem.

Von allen vegetativen Organen liegen nur die Nieren ausserhalb der Leibeshöhle als zwei blutgefässreiche, rothbraune Organe, welche links und rechts von der Wirbelsäule von der Herzgegend bis zum After reichen. Die Nierengänge münden hinter dem Darm oder selten in dessen Rückwand und sind oft mit Ausweitungen versehen, die nach ihrer Function Harnblasen genannt werden, morphologisch sich aber durchaus von der vor dem Darm angebrachten Harnblase der höheren Wirbelthiere unterscheiden. In der Leibeshöhle liegen an besonderen Aufhängebändern (Mesorchien, Mesovarien) befestigt die grossen Geschlechtsdrüsen, welche bei der Mehrzahl paarig, bei einer Minderzahl

unpaar sind. Ihre Producte werden nur bei einem Theil der Fische (*Ganoiden* und *Selachier*) durch Abschnitte des Urogenitalsystems entleert, sonst durch Pori abdominales oder eigene Ausführwege.

Systematik. Cuvier theilte die Fische nach der Structur des Skelets in *Knorpel-* und *Knochenfische.* Indessen hat es sich herausgestellt, dass durch diese Namen genügend nur 2 Extreme, die *Selachier* und *Teleostier*, unterschieden werden, dass zwischen diesen eine Gruppe besteht, die wie im Skelet so auch im Bau der übrigen Organe die Mitte hält. Agassiz nannte die Mittelgruppe *Ganoiden* nach dem Bau ihrer Schuppen. Weitere Untersuchungen ergaben, dass dieses allerdings wichtige Merkmal nicht bei allen „Ganoiden" zutrifft, und so blieb es Joh. Müller vorbehalten, die Gruppe auf breiter, anatomischer Basis neu zu charakterisiren und neu zu umgrenzen; er fügte auch die *Dipneusten* der Fischclasse ein.

I. Ordnung. Elasmobranchier, Plagiostomen, Selachier.

Die Selachier — die haiartigen Fische genannt, da zu ihnen der gefürchtete Menschenhai gehört — bilden eine fast ausschliesslich marine Gruppe von 1—70′ grossen Fischen, die vorwiegend von anderen Wirbelthieren leben und sich durch grosse Gefrässigkeit und Raubgier auszeichnen. Bald schlank gebaut wie die *Haie* im engeren Sinne (Fig. 503), bald dorsoventral abgeplattet wie die *Rochen* (Fig. 504), stimmen sie in der allgemeinen Körperform insofern unter einander überein, als der Kopf sich nach vorn in einen schnabelartigen Fortsatz verlängert, der wie ein Wellenbrecher wirkt und von einem Knorpelvorsprung des Schädels, dem Rostrum, gestützt wird (Fig. 494 *R*). Der Mund liegt unterhalb des Rostrum ziemlich weit vom vorderen Ende entfernt auf der ventralen Seite und ist eine quere Spalte, welche den Namen Plagiostomen (Quermäuler) veranlasst hat. Seine Lage bringt es mit sich, dass die Haie von unten an ihre Beute heranschwimmen und sich auf den Rücken werfen müssen, um mit den Zähnen fassen zu können. Der Schwanz trägt eine heterocerke Flosse oder ist in einen enorm langen Faden ausgezogen.

Die Haut ist meist festgepanzert von den dicht aneinander gefügten, rhombischen Placoidschuppen (Fig. 493 [4]), die vielfach so fein sind, dass man die „chagrinartige" Haut zum Poliren benutzen kann. Seltener sind grössere Elemente, die dann mit ihren Stacheln über die Körperoberfläche hervorragen und schon durch ihre Gestalt den Namen „Hautzähne" rechtfertigen. Das innere Skelet ist knorpelig, aber von einer dünnen verkalkten Kruste überzogen. Da echte Knochen fehlen, haben die Selachier keine Oberkiefer, sondern kauen mit dem Palatoquadratum (Gaumenkauer, vergl. S. 478); die amphicoelen Wirbelkörper tragen ausser den oberen Bögen und den sehr kleinen Rippen noch die Intercalaria (Fig. 494 *ic*).

Die Zahl der Kiemenbögen und Kiemenspalten schwankt zwischen 5 und 7, wobei als erste Kiemenspalte die Spalte zwischen Zungenbeinbogen und erstem Kiemenbogen angesehen wird. Ausserdem führt bei vielen Selachiern noch ein Canal zwischen Kieferbogen und Zungenbeinbogen von der Haut in den Rachen, das Spritzloch, welches im Innern blutgefässreiches Gewebe, eine Pseudobranchie, enthält und jedenfalls der Rest einer ehemaligen Kiemenspalte ist. (Fig. 503 *Spl.*) Da zwischen den äusseren Kiemenspalten die Hautbrücken erhalten

sind (bedeckte Kiemen, Elasmobranchier [Fig. 499, 500]), trägt der Zungenbeinbogen keinen Opercularapparat, wohl aber eine Reihe von Kiemenblättchen.

Aus der Anatomie der Eingeweide sind folgende Punkte zum Unterschied von anderen Fischen (Teleostiern) wichtig: 1. Das Herz (Fig. 501 *A*) hat einen langen Conus arteriosus mit vielen Klappenreihen übereinander, dagegen fehlt der Bulbus. 2. Der Darm (Fig. 498 *A*) besitzt eine Spiralklappe, dagegen weder Appendices pyloricae, noch Schwimmblase. 3. Die Entleerung der Geschlechtsorgane erfolgt durch das Nierensystem. Die Eier gelangen durch Platzen der Follikel aus dem ab und zu unpaaren Ovarium in die Leibeshöhle und von da durch die Tuben und die stets paarigen Müller'schen Gänge nach aussen. Die Spermatozoen dagegen benutzen den oberen Theil der Niere.

Die männlichen Selachier unterscheiden sich äusserlich von den Weibchen dadurch, dass Theile der Bauchflossen besonders kräftig entwickelt sind und zur Begattung benutzt werden (Fig. 504 *c*). Die grossen, dotterreichen Eier werden daher schon in den Eileitern befruchtet und entwickeln sich meist in uterusartigen Erweiterungen derselben. Die Embryonen, deren Kiemenblättchen sich zu langen, aus den Spalten vorragenden Büscheln verlängern (Fig. 486 *k*), ernähren sich von der im Dottersack enthaltenen Masse; nur bei *Mustelus* und *Carcharias* kommt es, was schon Aristoteles wusste, aber erst in diesem Jahrhundert J. Müller neu bestätigt hat, zur Bildung einer Placenta, welche sich von der Placenta der Säugethiere (vergl. S. 547) dadurch unterscheidet, dass die Gefässe, welche in die reichlich vascularisirte Wand des Uterus eindringen und Nahrung aus dem Blut der Mutter saugen, vom Dottersack, nicht wie bei den Säugethieren von der Allantois geliefert werden. Ausser lebendig gebärenden Selachiern giebt es auch eierlegende; bei diesen werden die Eidotter ähnlich wie bei Vögeln von einer Eiweisshülle und einer Schale umgeben, nur dass letztere eine hornige Beschaffenheit hat, meist in 4 Ecken ausgezogen und oft mit Fäden zur Befestigung des Eies an Wasserpflanzen, Steinen etc. versehen ist.

I. Unterordnung. *Squaliden.* Die Squaliden (Fig. 503) haben einen drehrunden schlanken Körper mit freibeweglichen Brustflossen und deutlich heterocerker Schwanzflosse und sind dementsprechend gewandte Schwimmer, die ihre grosse Schnelligkeit und Körperkraft fast ausschliesslich benutzen,

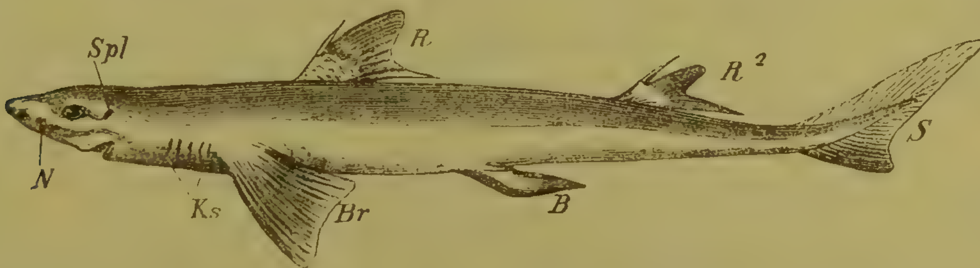


Fig. 503. Acanthias vulgaris (nach Claus). *N* Nase, *Spl* Spritzloch, *R* vordere Rückenflosse mit Stachel, R^2 hintere Rückenflosse, *S* heterocerke Schwanzflosse, *Ks* Kiemenspalten, *Br* Brustflosse, *B* Bauchflosse.

um andere Wirbelthiere, vor Allem Knochenfische und Walfische zu erjagen. Palatoquadrat und Mandibulare sind zu diesem Zweck mit vielen grossen, zugespitzten Zähnen mit messerscharfen oder gesägten Kanten ausgerüstet. Auf der Kante des Kieferbogens stehen die grössten Zähne; da-

hinter folgen revolverartig viele Reihen immer kleiner werdender Ersatzzähne. Selten sind die Zähne stumpf und nur geeignet, Molluskenschalen zu zertrümmern. Die Kiemenspalten liegen seitlich.

Je nachdem 1 oder 2 Rückenflossen vorhanden sind, am Auge eine Nickhaut und hinter dem Kieferbogen ein Spritzloch vorhanden ist, werden zahlreiche Familien unterschieden. Besondere Erwähnung verdienen: 1. *Carchariden* (wegen der Nickhaut auch die Nictitantes genannt), die berüchtigten 12—15 Fuss grossen Menschenhaie, deren verbreitetste Art der *Carcharias glaucus* Rond. ist; nahe verwandt der Hammerhai, *Zygaena malleus* Risso. 2. *Lamniden*, Riesenhaie, welche in der nordischen *Selache maxima* Cuv. die Länge von 32′, in dem tropischen *Carcharodon Rondeleti* M. H. die Länge von 40′ erreichen. 3. *Rhinodontiden*, wahrscheinlich pflanzenfressend, *Rh. typicus* Smith 50—70′ lang. 4. *Notidaniden* mit 6—7 Kiemenspalten, *Hexanchus griseus* Cuv., *Heptanchus cinereus* Cuv. 5. *Spinaciden*, Dornhaie, *Acanthias vulgaris* Risso (Fig. 503), der verbreitetste Hai. 6. *Squatiniden*, welche durch Verlängerung der Vorderflossen nach dem Rostrum hin den Uebergang zu den Rochen bilden. *Squatina angelus* L.

II. Unterordnung. *Rajiden, Rochen.* Bei den Rochen (Fig. 504) ist der Körper selbst schon dorsoventral abgeplattet und daher blattartig, ausserdem aber noch dadurch seitlich verbreitert, dass die Brustflossen sich halbmondförmig nach vorn und hinten ausgedehnt haben und mit dem Körper verschmolzen sind. Die vorderen Reihen der knorpeligen Flossenstützen reichen meist bis an oder vor das Rostrum, mit welchem sie dann verbunden sind, die hinteren häufig bis an den Beckengürtel. Da somit die gewaltigen Brustflossen (*Br*) ganz wie Seitentheile der rhombischen Körperscheibe aussehen, scheinen sie bei oberflächlicher Untersuchung zu fehlen. Die Thiere schwimmen durch undulirende Bewegungen der Brustflossen, liegen aber meist ruhig mit der Bauchseite auf dem Boden. Bauch und Rücken sind daher durch Farbe unterschieden, ausserdem dadurch, dass auf dem Rücken Auge und Spritzloch liegen, auf der Bauchseite dagegen Mund, Nase und Kiemenspalten. Die Zähne sind meist Mahlzähne zum Zertrümmern von Molluskenschalen.



Fig. 504. Männchen von Raja batis von der Bauchseite (nach Möbius u. Heincke). *R* Rostrum, *n* Nasengrube durch eine Rinne mit dem Mund (*m*) verbunden, *ks* Kiemenspalten, *a* After, *Br* Brustflosse, *B* Bauchflosse, *c* abgelöster Theil derselben zur Begattung dienend.

1. *Pristiden* haben zwar ventral gelagerte Kiemenspalten, sonst aber noch die Körpergestalt, Lebensweise und die freien Brustflossen der Haie. Die z. Th. viele Meter langen Thiere haben ihren deutschen Namen „Sägefische“ von der bis zu 2 Meter langen Säge, dem verlängerten, mit eingekeilten Zähnen versehenen Rostrum, mit dem sie Walfische harpuniren. *Pristis antiquorum* Lath. 2. *Rajiden,* Rochen im engeren Sinne, sind die

typischen Vertreter der Abtheilung. *Raja clavata* L., Nagelrochen, Schwanz mit zahlreichen stark entwickelten Hautzähnen. *Raja batis* L. (Fig. 504.) 3. *Torpediniden*, Zitterrochen, Rochen mit nackter Haut, ausgerüstet mit einem electrischen Organ. Dasselbe liegt jederseits zwischen den Visceralbogen und dem Extremitätenskelet als ein nierenförmiger Körper, gebildet von zahlreichen dorso-ventral aufsteigenden Säulchen. *Torpedo marmorata* Risso.

III. Unterordnung. *Holocephalen.* Von den typischen Selachiern weichen die Holocephalen oder Meerkatzen nach drei Richtungen ab. Das Palatoquadratum, welches wenige meisselartige Zähne trägt, ist in der bei Amphibien vorkommenden Weise mit dem Schädel untrennbar verwachsen und dient an Stelle des Hyomandibulare als Kieferstiel. Zweitens hat sich als erste Anlage eines Opercularapparats eine zarte Hautfalte vom Zungenbeinbogen aus entwickelt und über die Kiemenspalten hinübergelegt; in Folge dessen sind die Kiemenspalten verdeckt und äusserlich nur ein Kiemendeckelspalt sichtbar. Ferner sind drittens die Kiemen zu Kammkiemen geworden. Placoidschuppen sind nur in spärlicher Zahl besonders bei jungen Thieren vorhanden. Der bekannteste Repräsentant, *Chimaera monstrosa* L., verdient den Speciesnamen vermöge des auffallend grossen Kopfes, von dem aus der Körper sich allmählig in einen feinen Schwanzfaden verjüngt.

II. Ordnung. Ganoiden.

Die Ganoiden bilden eine Uebergangsgruppe, in welcher Charaktere der Selachier und Teleostier in merkwürdiger Weise gemischt sind. Der Darm besitzt die Spiralklappe der Haie, ausserdem aber eine Schwimmblase mit Schwimmblasengang und die Appendices pyloricae der Teleostier. Selachierähnlich ist das Herz, insofern es einen mit vielen Klappenreihen ausgerüsteten Conus arteriosus hat (Fig. 501 *A* u. *B*), während die Beschaffenheit der Respirationsorgane wieder an die Teleostier erinnert. Die fünf Kiemenbogen tragen mit Ausnahme des letzten Kiemen, welche echte, von dem Opercularapparat des Zungenbeins geschützte Kammkiemen sind. Mit der Bildung des Opercularapparats hat der Zungenbeinbogen seine respiratorische Function noch nicht überall verloren, indem er bei *Stören* und *Lepidosteus* eine „Kiemendeckelkieme" hat; vielfach findet sich auch noch ein Spritzloch. — Das Skelet ist in gewissen Theilen stets verknöchert: grosse Belegknochen liegen auf dem Schultergürtel, auf der Decke und an der Basis des Schädels (Parasphenoid!); auch die Hornfäden der Flossen sind in knöcherne Flossenstrahlen verwandelt. Im Uebrigen schwankt das Skelet zwischen zwei Extremen, einerseits äusserst primitiver, knorpeliger Beschaffenheit, andererseits ganz aussergewöhnlichen Graden der Verknöcherung. Für den Systematiker wäre es wichtig, Merkmale ausfindig zu machen, welche nur den Ganoiden zukommen und zugleich für sämmtliche Arten gelten. Für die von Agassiz betonten Ganoidschuppen (Fig. 493, 3) trifft diese Voraussetzung nicht zu, da die *Störe* vollkommen schmelzfreie Knochenplatten, die *Löffelstöre* überhaupt kein Hautskelet oder nur minimale Verknöcherungen haben. Viele lebende Ganoiden und auch die meisten fossilen besitzen Fulcra, Knochenplättchen mit gegabelten Enden, die dachziegelartig in einer Reihe hinter einander den Vorderrand der Flossen decken und ihm grössere Festigkeit verleihen;

dieselben sind aber ebenfalls nicht allgemein verbreitet und fehlen z. B. bei *Polypterus* und *Amia*. (Fig. 10 *B*.)

Die wenigen recenten Ganoiden zerfallen in zwei scharf unterschiedene Gruppen, von denen die eine den Selachiern, die andere den Teleostiern näher steht. Nach der Beschaffenheit des Skelets hat sie J. Müller als *Knorpelganoiden* und *Knochenganoiden* gegenüber gestellt. Da unter den fossilen Formen Verwandte der Knochenganoiden mit gänzlich unverknöcherter Wirbelsäule vorkommen, hat sich die Wahl der Namen als unzweckmässig herausgestellt; der Gegensatz beider Gruppen muss jedoch nach wie vor aufrecht erhalten werden.

I. Unterordnung. *Chondrostei*, Knorpelganoiden. Die Knorpelganoiden gleichen äusserlich den Haien durch die heterocerke Schwanzflosse, die Verlängerung des Schädels zum Rostrum und die dadurch bedingte ventrale Lage des Mundes (Fig. 505); in der inneren Anatomie sind sie ihnen ähnlich durch die starke Entwicklung des Knorpelcraniums und — mit Ausnahme der Löffelstöre — durch den Mangel der Oberkieferreihe; sie sind Gaumenkauer wie die Selachier. In der Beschaffenheit der Wirbelsäule sind sie sogar noch ursprünglicher als die meisten Selachier, da die Wirbelkörper fehlen und die allerdings oft verknöchernden oberen und unteren Bögen, ebenso wie die reichlich entwickelten Intercalaria der unveränderten Chorda direct aufsitzen (Fig. 462).

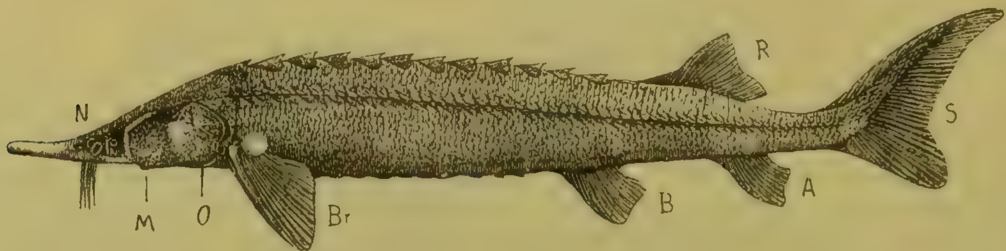


Fig. 505. Acipenser ruthenus (nach Heckel u. Kner). *N* Nase, *M* Mund, *O* Operculum mit Kiemendeckelspalt, *Br* Brust-, *B* Bauch-, *R* Rücken-, *A* After-, *S* Schwanzflosse.

1. *Acipenseriden*, Störe, mit starker Panzerung der Haut. *Acipenser Sturio* L., Stör, *A. huso* L., Hausen (Schwimmblase liefert den Hausenleim), *A. ruthenus* L., Sterlet (Eier liefern den Astrachancaviar). 2. *Spatulariden*, Löffelstöre, mit nackter Haut oder winzigen sternförmigen Verknöcherungen, spatelförmigem, langem Rostrum, mit bezahntem Oberkiefer, *Polyodon folium* Lacep. — Den Stören schliessen sich vielleicht die silurischen und devonischen *Pteraspiden* und *Cephalaspiden* an.

II. Unterordnung. *Euganoiden* (*Holostei*). Bei den an die Teleostier erinnernden Ganoiden ist der Schädel ähnlich wie bei den Knochenfischen verknöchert; es sind namentlich Oberkiefer und Zwischenkiefer vorhanden (Kieferkauer), das Palatoquadratum ist zurückgedrängt, die Mundöffnung bei mangelndem Rostrum an die Körperspitze gerückt. Der Körper ist bedeckt von Cycloidschuppen oder typischen, rhombischen Ganoidschuppen, deren schön irisirende Schmelzschicht sehr gut auch an den Versteinerungen zu erkennen ist. Die lebenden Formen haben sämmtlich eine stark verknöcherte Wirbelsäule und eine diphycerke (Fig. 10 *A*) oder homocerke (Fig. 10 *C*) Schwanzflosse, während bei den fossilen Ganoiden ausgedehnte Persistenz der Chorda und Heterocerkie sehr häufig sind.

1. Tribus. *Polypteriden*, Flösselhechte, Schuppen rhombisch. Anstatt der Radii branchiostegi breite Kehlplatten; die paarigen Flossen bestehen aus einer beschuppten Axe und fiederig ansitzenden Flossenstrahlen. *Poly-*

pterus bichir Geoffr. im Nil, diphycerk. Nahe verwandt die paläozoischen und mesozoischen, theils diphycerken, theils heterocerken *Crossopterygier*.

2. Tribus. *Lepidosteiden*, Schuppen ebenfalls rhombisch, Radii branchiostegi vorhanden, ebenso Spritzlöcher. *Lepidosteus osseus* L. (Nordamerika). Nahe verwandt sind zahlreiche mesozoische Formen.

3. Tribus. *Amiaden*, leiten zu Teleostiern über, indem die Schuppen echte schmelzlose Cycloidschuppen sind, der Conus arteriosus des Herzens rudimentär, der Bulbus in Entwicklung begriffen ist. (Fig. 501 *B*.) *Amia calva* Bonap. Amerika. Nahe verwandt sind viele fossile, besonders jurassische Fische mit zum Theil unvollkommen verknöcherten Wirbelsäulen.

Zu den Euganoiden sind ferner noch zahlreiche, fossile Formen zu rechnen, die den *Lepidosteiden* und *Polypteriden* näher stehen als den *Amiaden*: die paläozoischen *Acanthodiden* und die meist paläozoischen *Heterocerken*.

III. Ordnung. Teleostier, Knochenfische.

Die Teleostier verdanken ihren Namen der starken Verknöcherung des Skelets, welche in der Rumpfregion zur Bildung knöcherner, amphicoeler, mit kräftigen Rippen ausgestatteter Wirbel führt und dem Schädel sammt seinem Visceralskelet die früher schon besprochene, complicirte Zusammensetzung aus zahlreichen, primären und secundären Knochen verleiht. (Fig. 495, S. 477.) Die Teleostier haben wie die Knochenganoiden Ober- und Zwischenkiefer (Kieferkauer), neben welchen auch die meisten Knochen der Palatinreihe, des Zungenbeinbogens und der Kiemenbogen, der Vomer und das Parasphenoid Zähne tragen können. Es kommt sogar vor, dass ein Theil der Kiemenbögen (Ossa pharyngea inferiora der *Cyprinoiden*) allein bezahnt, die Kiefer dagegen zahnlos sind. — Die Verknöcherung führt ferner häufig zur Bildung von Gräten, gegabelter, oberhalb der Rippen in den Lig. intermuscularia liegender, knöcherner Fäden; endlich ergreift sie auch beide Theile des Flossenskelets, wobei die knorpelig präformirten Flossenstützen, „die Carpalia bezw. Tarsalia", sehr klein bleiben, während die den Hornfäden entsprechenden „Strahlen" fast die ganze Breite der Flosse einnehmen. Die Strahlen sind — das ist systematisch wichtig — entweder weich und biegsam (Weichstrahler, *Malacopteren*), oder hart und stachelartig (*Acanthopteren*); im ersteren Fall (Fig. 506 *Br*, *A*, *B*, R_2) bestehen sie aus

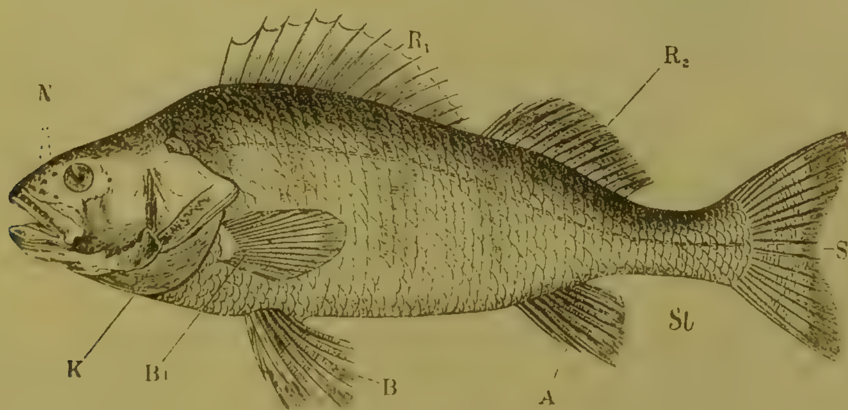


Fig. 506. Perca fluviatilis (aus Leunis-Ludwig). *N* vordere und hintere Nasenöffnung, *K* Kiemendeckel, *Br* Brustflossen, *B* Bauchflossen, *A* After-, *S* Schwanz-, R_2 zweite Rückenflosse (sämmtlich weiche Flossen). R_1 erste Rückenflosse (Stachelflosse), *Sl* Seitenlinie.

zahlreichen, hintereinander gereihten Knochenstückchen; im letzteren Fall sind die Knochenstückchen eines Strahls zu einem einzigen, festen Stachel verwachsen (R_1). — Die Schwanzflosse ist homocerk; das Hautskelet besteht aus Cycloid- oder Ctenoidschuppen, (Fig. 493 1 u. 2), seltener aus Stacheln oder ausgedehnten Knochenplatten.

Der Zungenbeinbogen trägt stets die Membrana branchiostega und den Kiemendeckel, dagegen keine Kiemendeckelkieme oder nur Rudimente derselben. Die functionirenden Kiemen, echte Kammkiemen sind auf die vier ersten Kiemenbögen beschränkt und sind demnach jederseits vier Doppelreihen, wenn nicht eine weitere Reduction auf $3^1/_2$, 3 oder $2^1/_2$ Doppelreihen eingetreten ist. Anstatt des Conus arteriosus des Herzens findet sich der Bulbus arteriosus der Aorta; eine Spiralklappe ist im Darm nicht nachweisbar, dagegen häufig App. pyloricae. Bei den meisten Telostiern existirt eine Schwimmblase, während der Schwimmblasengang sehr häufig fehlt.

Von allen Wirbelthieren — mit Ausnahme des *Amphioxus*, der *Cyclostomen* und vielleicht auch einiger *Ganoiden* — unterscheiden sich die Teleostier dadurch, dass die Geschlechtsproducte keinen Theil der Niere benutzen, um nach aussen zu gelangen. Entweder werden sie durch den Porus abdominalis entleert oder durch besondere, sackartige Canäle, die nichts Anderes als abgekapselte Theile der Leibeshöhle sind.

Eine Begattung findet nur bei einigen wenigen, lebendig gebärenden Arten (*Zoarces viviparus*) statt. Die Regel ist vielmehr, dass Männchen und Weibchen zur Laichzeit, während deren sie oft besonders lebhafte Farben erhalten, zusammen schwimmen und es dadurch ermöglichen, dass die Geschlechtsproducte gleich nach der Entleerung im Wasser zusammentreffen. So erklären sich die colossalen Schwärme, in denen manche Fische, wie *Häringe* und *Thunfische*, alljährlich zu bestimmten Zeiten ihre Laichplätze aufsuchen. Diese Verhältnisse sind ferner der Grund, weshalb bei fast allen Knochenfischen die künstliche Befruchtung so leicht gelingt. Durch vorsichtiges Drücken und Streichen der Bauchdecken von vorn nach hinten entleert man in eine Schüssel aus dem Weibchen die Eier, in eine zweite Schüssel aus dem Männchen den Samen und mischt beide durch schonendes Umrühren. Die befruchteten Eier werden in besondere Brutkästen in durchfliessendes Wasser gebracht und täglich die etwa sterbenden ausgesucht und entfernt. Wenn die jungen Fischchen aus den Eihüllen ausschlüpfen, haben sie einen ansehnlichen Dottersack; bevor die letzten Reste des eingeschlossenen Dotters resorbirt worden sind, müssen sie in das freie Wasser ausgesetzt werden. Für die Fischzucht hat das geschilderte Verfahren grosse Vortheile; einmal werden die Fischchen zu einer Zeit, wo sie ihren Feinden, wie z. B. den laichfressenden Fischen, Enten etc., hilflos preisgegeben sind, vollkommen geschützt, zweitens können die Eier zur Zeit, wo die Augen als dunkle Flecke sichtbar werden, leicht versandt und benutzt werden, um dem Fischbestand entvölkerter Fischwässer wieder aufzuhelfen.

Die Sorge für die junge Brut, wie sie bei der künstlichen Fischzucht vom Menschen ausgeübt wird, übernehmen in seltenen Fällen die Fische selbst, und zwar merkwürdiger Weise meistens die Männchen. Die männlichen *Stichlinge* und *Macropoden* z. B. bauen Nester, in welche die Weibchen die Eier ablegen, und vertheidigen die Eier gegen alle Angriffe; die Männchen der *Lophobranchier* (Fig. 507 *Seepferdchen* und *Seenadeln*) haben zur Aufnahme

der Eier eine Tasche auf der Bauchseite, aus der die junge Brut nach beendeter Embryonalentwicklung ausschlüpft.

Systematik. Da ungefähr dreissigmal so viel Arten von Knochenfischen existiren, als Selachier und Ganoiden zusammengenommen, ist ihre Eintheilung verwickelter. Die Gruppirung nach dem Bau der Schuppen hat sich als unausführbar erwiesen, da Cycloid- und Ctenoidschuppen bei nahe verwandten Fischen vorkommen. Man muss überhaupt mehrere Merkmale zugleich berücksichtigen: ob ein Schwimmblasengang vorhanden ist (*Physostomen*) oder fehlt (*Physoclisten*), ob die Flossen weiche oder harte Strahlen haben (*Malacopteren* und *Acanthopteren*), ob die Bauchflossen abdominal (*P. abdominalis*) oder thoracal (*P. thoracici*) oder jugular (*P. jugulares*) liegen. Dazu kommen Besonderheiten der Kiefer, der Kiemen und der Ossa pharyngaea inferiora, um einige kleinere Gruppen zu umschreiben.

I. Unterordnung. *Physostomen.* Das wichtigste, im Namen ausgedrückte Merkmal der Gruppe, die Anwesenheit des Schwimmblasengangs, ist nur durch Präparation festzustellen; vielfach lässt es im Stich, wenn die Schwimmblase wie beim *Symbranchus,* einem aalartigen Fisch, durch Rückbildung verloren gegangen ist. Daher ist es für die Systematik von Werth, dass sich zwei äusserlich leicht wahrnehmbare Charaktere hinzugesellen: abdominale Lage der Bauchflossen und weiche, gegliederte Beschaffenheit der Flossenstrahlen. Die Physostomen verdienen besondere Beachtung, weil mehr als zwei Drittel aller essbaren Fische, namentlich fast alle Süsswasserfische hierher gehören.

Die bekanntesten Süsswasserfamilien sind: 1. die *Cyprinoiden, C. carpio* L., Karpfen, *Barbus fluviatilis* Ag., Barbe, zahlreiche Weissfische. 2. *Esociden: Esox lucius* L., Hecht. 3. *Salmoniden* oder Edelfische, leicht kenntlich an der Fettflosse, einem dorsalen, von Fett erfüllten Hautlappen ohne Knochenstrahlen: *Salmo salvelinus* L., Saibling, *Trutta salar* L., Lachs (zur Fortpflanzung in die Flüsse aufsteigend, sonst im Meer), *Trutta fario* L., Forelle, *Coregonus Wartmanni* Bloch, Renke. 4. *Siluroiden,* Welse: *Silurus glanis* L., der grösste Süsswasserteleostier Europas, Wels oder Waller. *Malapterurus electricus* L., Zitterwels im Nil, mit mächtigem electrischem Organ; tropische Formen sind die mit Knochenplatten bedeckten Panzerwelse. 5. *Clupeiden,* grätenreiche, marine Fische: *Clupea harengus* L., Häring. *Clupea sprattus* L., Sprotte. *Alosa vulgaris* Cuv. Val., Maifisch, in die Flüsse zur Fortpflanzung aufsteigend. *Alosa pilchardus* Bloch., Sardine. Durch Rückbildung der Bauchflossen und schlangenartige Gestalt zeichnen sich aus die *Apodes: Anguilla vulgaris* L., Aal, zur Fortpflanzung in's Meer gehend; die junge weibliche Brut kehrt in Schwärmen (Montée) zurück; die Männchen bleiben an den Flussmündungen. *Gymnotus electricus* L., in Südamerika, mit grossem electrischem Organ im Schwanz.

II. Unterordnung. *Anacanthinen.* Die Anacanthinen sind ebenfalls Weichflosser, haben aber keinen Schwimmblasengang (*Physoclisten*); ihre Bauchflossen liegen vor den Brustflossen an den Kehlen (*P. jugulares*). Mit wenigen Ausnahmen (*Lota vulgaris* L., Quappe) sind die Anacanthinen marin.

Volkswirthschaftlich sind am wichtigsten 1. die *Gadiden: Gadus morrhua* L., Dorsch oder Kabeljau, gesalzen Laberdan, getrocknet Stockfisch; die Leber liefert den Leberthran. *G. aeglefinus* L., Schellfisch. 2. Von links nach rechts stark abgeplattet sind die *Pleuronectiden.* Die in der Jugend symmetrischen Fische werden asymmetrisch, weil sie entweder mit der linken oder rechten Seite des blattförmigen Körpers auf dem Boden liegen. Die aufwärts gewandte Seite wird dunkler gefärbt; auf sie rückt auch das

Auge der unteren helleren Seite hinüber. *Pleuronectes platessa* L., Scholle. *Rhombus maximus* L., Steinbutte. *Solea vulgaris* Quens., Zunge. 3. *Ophididen* mit rückgebildeten Bauchflossen. Parasitisch in Holothurien *Fierasfer acus* Kaup.

III. Unterordnung. *Pharyngognathen.* Bei vielen Fischen, sowohl bei Weichflossern wie Hartflossern, verwachsen die Ossa pharyngaea inferiora, d. h. die letzten rudimentären Kiemenbögen zu einem unpaaren Stück. — Weichflosser mit bauchständigen Bauchflossen sind die *Scomberesociden*, zu denen ein Theil der fliegenden Fische gehört. *Exocoetus exiliens* L. Die Thiere fliegen nicht, sondern steigen wahrscheinlich gegen den Wind mit ihren mächtigen, ausgebreiteten Brustflossen wie Papierdrachen auf. — Hartflosser mit kehlständigen Bauchflossen sind die mit den Papageien an Buntheit der Farben rivalisirenden Lippfische, *Labriden. Crenilabrus pavo* Brünn.

IV. Unterordnung. *Acanthopteren.* Die an Artenzahl umfangreichste Gruppe der Fische, die Unterordnung der Acanthopteren, gehört zu den Fischen ohne Schwimmblasengang (*Physoclisten*): sie haben meist brustständige Bauchflossen. Das wichtigste Merkmal, der Stachelcharakter der Flossenstrahlen, betrifft nie sämmtliche Flossenstrahlen; es genügt, dass einige Strahlen der Rückenflosse stachelartig sind.

Unter den wenigen Süsswasser-Acanthopteren sind am bekanntesten die *Perciden: Perca fluviatilis* Rond. (Fig. 506), der Barsch; *Gasterosteus aculeatus* L., der durch den Nestbau des Männchen bekannte Stichling; *Lucioperca Sandra* Cuv., Zander, Amaul. Den Perciden stehen sehr nahe die Seebarsche, *Serraniden: Serranus scriba* L., als Zwitter schon oben genannt. Die *Scomberiden* sind die wichtigsten Essfische der Gruppe *Scomber scombrus* L., die Makreele, *Thynnus vulgaris* Cuv. Val., der Thunfisch, der zur Laichzeit ähnlich den Häringen in mächtigen Schaaren an die Küste zu seinen Laichplätzen wandert, verfolgt von dem nahe verwandten *Xiphias gladius* L., dem Schwertfisch. Zu den *Blenniiden* gehört der lebendig gebärende *Zoarces viviparus* Cuv. Weitere Familien sind: *Trigliden*, Panzerwangen: *Trigla gunardus* L., *Dactylopterus volitans* L., ebenfalls ein fliegender Fisch, *Pediculaten*: *Lophius piscatorius* L.; die schön gefärbten *Squamipennes* etc.

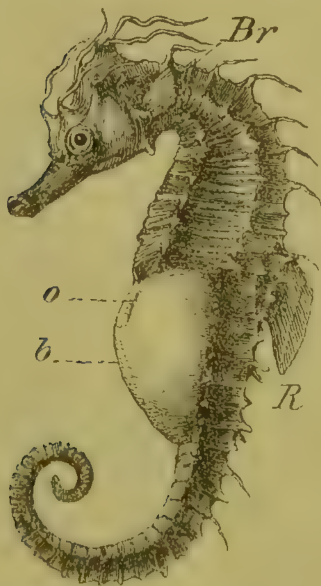


Fig. 507. Hippocampus antiquorum, Männchen (aus Schmarda). *b* Bruttasche, *o* Mündung derselben. *Br* Brustflosse, *R* Rückenflosse.

V. Unterordnung. *Plectognathen.* Eine kleine Gruppe höchst eigenthümlicher, gedrungener Fische ist daran zu erkennen, dass die Oberkiefer mit dem Schädel verwachsen. Einige derselben sind mit parketartig zusammengefügten Knochenplatten gepanzert, *Sclerodermen: Ostracion quadricornis* L., Kofferfisch; andere sind mit langen Stacheln bewehrt, *Gymnodonten: Diodon histrix* L., Igelfisch, mit einem weiten Kehlsack, der mit Luft gefüllt den Fischen zum Schwimmen dient. Die Thiere sollen giftig sein.

VI. Unterordnung. *Lophobranchier.* Der gemeinsame Charakter dieser kleinen Gruppe mariner, in Bau und Lebensweise sehr übereinstimmender Thiere ist in der Beschaffenheit der Kiemen gegeben, deren Blättchen zu blumenkohlartigen Knöpfen eingeschrumpft sind. Die Männchen besitzen ausserdem die Eigenthümlichkeit, dass sie die Eier in einem aus den

Bauchdecken sich bildenden Brutsack bewahren (Fig. 507 *b*). Durch den wie ein Pferdekopf aussehenden Kopf und einen langen beweglichen Schwanz, mit dem sie sich um Wasserpflanzen festranken, sind ausgezeichnet die *Hippocampiden: Hippocampus antiquorum* L., Seepferdchen (Fig. 507), durch langgestreckten Körper die *Syngnathiden: Syngnathus acus* L., die Seenadel.

IV. Ordnung. Dipneusten, Lurchfische.

Die Dipneusten haben noch die Gestalt echter Fische (Fig. 508), sie sind wie Fische beschuppt und besitzen paarige Flossen, welche von einem einfach oder doppelt gefiederten Archipterygium gestützt werden. Ein einheitlicher, nicht in Rücken-, Schwanz- und Afterflosse gesonderter diphycerker Kamm umgiebt das hintere Ende der Wirbelsäule.



Fig. 508. Protopterus annectens (aus Boas).

Das Skelet ist sehr primitiv, indem es vorwiegend aus Knorpel besteht indem ferner die Chorda dorsalis sich in grosser Ausdehnung erhält. Auch leben die Thiere vorwiegend im Wasser und athmen mit Kiemen, die von einer Kiemendeckelfalte geborgen werden. Indessen schon im Bau der Kiemen treten Besonderheiten hervor, welche an *Amphibien* erinnern, insofern wenigstens *Protopterus* ausser inneren Kiemen drei äussere Kiemenbüschel besitzt, wie sie keinem Fisch, wohl aber vielen *Amphibien* zukommen. Die Aehnlichkeit wird erhöht durch das periodische Auftreten von Lungenathmung. Die Dipneusten leben in den Tropen in Flüssen und Sümpfen, welche während der heissen Zeit ganz oder theilweise austrocknen. Wird dabei das Wasser zu trüb, um die Kiemenathmung zu gestatten, so benutzen sie zur Athmung die Schwimmblasen oder, wenn man will die Lungen, weite unpaare oder paarige Säcke, die mit einem kurzen häutigen Gang in den Oesophagus münden, deren Innenwand zur Vergrösserung der respiratorischen Oberfläche einen fächerigen Bau besitzt. *Protopterus* hat sogar die Fähigkeit, ganz ausserhalb des Wassers zu leben; er vergräbt sich im Schlamm, baut sich daselbst ein Nest, das er mit Schleim austapezirt und verfällt in einen schlafartigen Zustand. Zum Zweck der Luftzufuhr ist die Nase mit einer Choane, einer inneren, in die Mundhöhle führenden Oeffnung versehen. Ein besonderer Arterienast geht vom letzten Aortenbogen an die Lunge und ebenso führen besondere Venen zum Herzen zurück, so dass im peripheren Abschnitt sich schon eine Sonderung von Lungen- und Körperkreislauf entwickelt hat. Auch beginnt die Trennung des Herzens in eine linke arterielle und rechte venöse Hälfte sich auszubilden, besonders im Bereich des Conus arteriosus und des Vorhofes.

Die wenigen Arten, welche noch existiren, sind wahrscheinlich die Reste einer früher reicher entwickelten Gruppe und leben demgemäss über die Welt zerstreut. *Monopneumones*, mit einem Lungensack, in den Flüssen Australiens vertreten durch den *Ceratodus Forsteri* Krefft. — *Dipneumones* mit paariger Lunge, in Südamerika: *Lepidosiren paradoxa* Fitzg., in Afrika: *Protopterus annectens* Owen. (Fig. 508.)

IV. Classe.

Amphibien, Lurche.

Der bei den *Dipneusten* angebahnte Uebergang zum Landleben wird bei den *Amphibien* vollkommen durchgeführt. Während er aber dort nur unter dem Zwange äusserer Verhältnisse erfolgt, ist er hier das nothwendige Endresultat einer im Wesen des Organismus selbst begründeten Entwicklungsweise. Daher werden bei den Amphibien fast sämmtliche Organe von der veränderten Lebensweise betroffen, die Organe der Athmung und der Cirkulation in viel intensiverer Weise als bei den Fischen, ausserdem aber auch die übrigen Organe, die Sinneswerkzeuge, die Extremitäten und im Zusammenhang mit diesen das Skelet und die Körpergestalt.

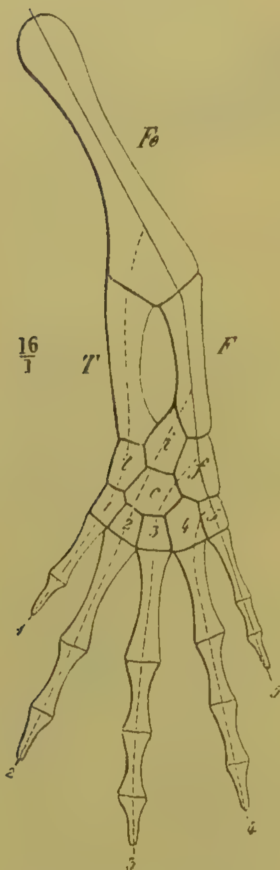


Fig. 509. Skelet der hinteren Extremität von Salamandra maculosa (Larve). *Fe* Femur, *T* Tibia, *F* Fibula, *t* Tibiale, *i* Intermedium, *f* Fibulare, *c* Centrale, *1*—*5* Carpalia der zweiten Reihe, *1*—*5* Metacarpalia und Phalangen der 5 Zehen (aus Gegenbaur).

Extremitäten.

Die Amphibien unterscheiden sich auf den ersten Blick von den Fischen durch den Mangel der Flossen. Der unpaare Flossensaum erhält sich zwar noch während des Larvenlebens und in seltenen Fällen (*Perennibranchiaten*) auch noch beim erwachsenen Thier als eine den Schwanz umsäumende Hautfalte, aber er ist nicht in Rücken-, Schwanz- und Afterflosse abgetheilt und auch von keinem eigenen Skelet gestützt (Fig. 4, 5). Die paarigen Flossen haben „pentadactylen Extremitäten“ Platz gemacht (vergl. S. 444); diese dienen oft noch zum Schwimmen, indem die Zehen untereinander durch Schwimmhäute verbunden sind, daneben aber werden sie auch zum Kriechen und Springen verwandt und besitzen demgemäss eine grosse Gelenkigkeit in der Verbindung der einzelnen Skeletstücke (Fig. 509). Zu den bei Fischen allein vorhandenen Schulter- und Hüftgelenken gesellen sich Ellbogen- und Kniegelenke zwischen Humerus (bez. Femur *Fe*) einerseits, Radius und Ulna (bez. Tibia *T* und Fibula *F*) andererseits, Hand- und Sprunggelenke zwischen den letztgenannten Stücken und den Carpalien (bez. den Tarsalien *t*, *i*, *f*), endlich gelenkige Verbindungen der Endstücke der 5 Skeletstrahlen, der Phalangen unter einander und mit den Metacarpalien (bez. Metatarsalien). Die Fünf-

zahl der Zehen wird nicht immer beibehalten, da häufig eine Reduction auf 4, 3 selbst 2 eintritt.

Für die Extremitätengürtel ist die bei den Fischen noch fehlende, bei den höheren Wirbelthieren vorhandene Verbindung mit bestimmten Theilen des Axenskelets von Wichtigkeit. Der Beckengürtel verbindet sich mit der Wirbelsäule, indem sein dorsal vom Hüftgelenk liegender Abschnitt, das Ileum oder Darmbein, sich an eine Rippe oder beim Mangel derselben an einen Querfortsatz anlegt, während der ventrale Abschnitt, das noch einheitliche Schamsitzbein (Os ischiopubicum), mit dem der anderen Seite die Symphyse erzeugt. In den so zu Stande kommenden Knochenring des Beckens ist bei den Amphibien nur ein Wirbel, der Sacralwirbel, eingeschlossen. Der durch den Landaufenthalt bedingte, festere Anschluss der Extremität an die Wirbelsäule tritt uns somit noch auf einer niederen Entwicklungsstufe entgegen. — Noch unvollständiger ist die Befestigung der vorderen Extremität. Der dorsale Abschnitt, die Scapula, endet frei in Muskeln; der ventrale Abschnitt verbindet sich zwar oft mit einem Sternum, dieses aber hat keine Beziehungen zur Wirbelsäule, da die sonst den Anschluss vermittelnden Rippen zu kurz sind, um das Sternum zu erreichen oder gänzlich fehlen (Fig. 469 *A*). Der ventrale Abschnitt des Schultergürtels besteht aus 2 Spangen, der vorderen Clavicula (*cl*) und dem hinteren Coracoid (*co*). Erstere kann fehlen und ist mit dem Sternum nur verbunden, wenn das dazwischen tretende Episternum (*e*) vorhanden ist.

Schädel.

Der Schädel der Amphibien ist ausgezeichnet durch die ausgedehnte Erhaltung des Chondrocraniums und die damit zusammenhängende geringe Zahl primärer Knochen (Fig. 510). Die Knochen der Augen- und Nasengegend sind durch einen einzigen unpaaren Knochenring, das Sphenethmoid (*sph*) (os en ceinture) vertreten; in der Gehörgegend sind meist nur die Prootica, in der Hinterhauptsgegend stets nur die Exoccipitalia vorhanden. Der Mangel des Basioccipitale und Supraoccipitale ist für die Unterscheidung der Amphibien von den oft ähnlich aussehenden Reptilien von der grössten Bedeutung, zumal da mit dem Mangel des Basioccipitale der weitere wichtige Unterschied zusammenhängt, dass die Gelenkverbindung mit dem ersten Wirbel durch einen doppelten Condylus occipitalis (*co*) vermittelt wird. — Von Belegknochen sind zu nennen: dorsal die Nasalia (*na*), Frontalia und Parietalia, letztere oft zu Frontoparietalia (*fp*) verwachsen, ventral das bei den Amphibien zum letzten Mal auftretende Parasphenoid (*ps*).

Visceralskelet.

Eine wesentliche Vergrösserung erfährt der Schädel, indem der hintere Abschnitt des Palatoquadratum, der ansehnliche Quadratknorpel (*Qu*), sich an die Gehörkapsel anlegt und meist mit ihr verschmilzt, während der vordere Abschnitt als dünne Palatinspange (*P*) bis zur Geruchskapsel reicht. Der Quadratknorpel (Kieferstiel) trägt den gut verknöcherten Unterkiefer und ist auf seiner Aussenseite vom Squamosum (*sq*) bedeckt; auf der Palatinstange entsteht die Palatinreihe der Belegknochen: Vomer (*vo*), Palatinum (*pal*), Pterygoid (*pt*); davor die Maxillarreihe: Zwischenkiefer (*pmx*) und Oberkiefer (*m*). Zwischen dem hinteren Ende des Maxillare und dem Quadrat besteht eine Lücke oder dieselbe ist durch den vom Maxillare bis zum Quadratum und Squamosum reichenden Joch-

bogen (os jugale, *jg*) überbrückt. Da durch die Verwendung des Quadratum als Kieferstiel das Hyomandibulare functionslos geworden ist,

Fig. 510. Froschschädel *A* von hinten, *B* von der Seite (im Anschluss an Parker).

Fig. 510. Froschschädel von unten, links nach Entfernung der Belegknochen (aus Wiedersheim).

Chondrocranium: *Gk* Gehörkapsel, *N. N*[1] Nasenkapsel, *PP* (*p*) Palatinspange, *As* Alisphenoidknorpel, *Qu* (*qu*) Quadratknorpel, *os*, *ob* Knorpel, aus dem sonst Basioccipitale und Supraoccipitale hervorgehen. Primäre Knochen: *O. lat* (*ol*) Exoccipitale mit Condylus occipitalis (*Cocc*, *co*), *Pro* (*pro*) Prooticum, *E* (*e*) Sphenethmoid; Belegknochen: *Pmx* (*pmx*) Prämaxillare, *M* (*m*) Maxillare, *g* (*Qjg*) Jugale, *Vo* Vomer, *Pal* Palatinum, *Pt* (*pt*) Pterygoid, *Fp* (*pf*) Parietofrontale, *na* Nasale, *Ps* (*ps*) Parasphenoid, *sq* Squamosum; Unterkiefer: *mk* Meckel'scher Knorpel mit seinem verknöcherten Ende *m*, *d* Dentale, *an* Angulare. Zungenbeinbogen: *col* Columella, *h' h''* Hyoid und Copula; Nervenlöcher: *II* Opticus, *VI* Abducens, *V* Trigeminus, *fo* Foramen magnum. Der Knorpel durch Punktirung deutlich gemacht.

wird dasselbe rudimentär; vielleicht ist es in einer Reihe von Skeletstücken erhalten, die als Hilfsapparate des Gehörorgans functioniren und die wir in ihrer Gesammtheit Columella (*col*) nennen wollen. — Die Beschaffenheit des übrigen Visceralskelets hängt von der Art der Athmung ab (Fig. 511 *B*). Constant ist nur der Zungenbeinkörper (*a*) und die davon ausgehenden Vorder- und Hinterhörner (*b* u. *c*): das Hyoid, das bis zum Schädel reicht (Fig. 510 *h'*), und der erste Kiemenbogen; dazu treten (Fig. 511 *A*), so lange die Kiemenathmung dauert, vier weitere Kiemenbögen.

Fig. 511. Hinteres Visceralskelet *A* einer kiemenathmenden Larve vom Landsalamander, *B* einer Kröte (aus Gegenbaur). *a* Zungenbeinkörper, *b* Vorderhorn, *c* Hinterhorn (Reste der Kiemenbögen).

Nervensystem u. Sinnesorgane.

Die durch den Landaufenthalt bedingte Umgestaltung der Sinnesorgane ist fast für jedes derselben nachweisbar. Die bei den im Wasser lebenden Perennibranchiaten und allen Larven noch erhaltenen Organe der Seitenlinie schwinden; die Augen werden gegen den eintrocknenden Einfluss der Luft durch ein Augenlied, die Nickhaut.

geschützt; die Nase wird zugleich Respirationsorgan und demgemäss mit einer inneren, in die Mundhöhle leitenden Oeffnung, der Choane, versehen. Vor Allem vervollkommnet sich das Gehör bei den *Anuren* durch die Ausbildung schallleitender Apparate: aus dem Spritzloch der Selachier entsteht ein Luftcanal, dessen eines Ende als Tuba Eustachii in den Rachen mündet, dessen anderes Ende, die Trommelhöhle, durch das in den knorpeligen Annulus tympanicus eingespannte Trommelfell geschlossen wird. Die Beziehung des Labyrinths zum Luftcanal wird eine innigere durch das Auftreten der Fenestra ovalis, einer Oeffnung in dem das häutige Labyrinth sonst vollkommen bergenden Petrosum. In der Fenestra ovalis ist die Columella (Hyomandibulare) eingepflanzt, welche sich auch mit dem Trommelfell verbindet und die Schwingungen desselben auf das häutige Labyrinth überträgt. — Das Hirn der Amphibien übertrifft das der Fische durch die stärkere Entwicklung des Grosshirns (Fig. 512 *VH*), steht ihm aber nach, indem das Kleinhirn nur eine dünne Marklamelle bildet.

Athmung.

Am wichtigsten für die systematische Charakteristik der Amphibien sind die Athmungsorgane. Alle Lurche haben sowohl Kiemen als Lungen. Die Kiemen sind im Gegensatz zu den inneren Kiemen der Fische äussere Kiemen, drei blutgefässreiche, verästelte Büschel, welche am oberen Ende der Kiemenspalten aus der Haut emporgewachsen sind und durch besondere Muskeln bewegt werden. Die Lungen sind dünnwandige Luftsäcke mit fächeriger Innenseite welche in das hintere Ende des Pharynx münden, entweder direct vermöge einer Spalte, der Stimmritze, oder vermittelst der Luftröhre, der Trachea. Knorpelige Stücke können Luftröhre und Stimmritze stützen und an letzterer zum Spannen der Stimmbänder bei der Tonerzeugung benutzt werden. — Selten findet man gleichzeitig und dauernd Kiemen und Lungen nebeneinander (*Perennibranchiaten*); gewöhnlich ist eine zeitliche Verschiebung der Art eingetreten, dass die jungen Thiere durch Kiemen, die älteren durch Lungen athmen, was Ausgangspunkt für die später zu besprechende Metamorphose ist. — Ausser den Kiemen und Lungen besitzt auch die Haut der Amphibien eine grosse respiratorische Bedeutung; sie ist demgemäss dünn, blutgefässreich und von zahlreichen, vielzelligen Drüsen schlüpfrig. Das Epithel ist nach aussen durch eine sehr dünne Hornschicht abgeschlossen, die zeitweilig in Zusammenhang abgeworfen wird (Häutung); die Lederhaut ist von grossen Lymphräumen unterminirt, deren Anwesenheit es mit sich bringt, dass man namentlich bei *Fröschen* das ganze Integument leicht im Zusammenhang abziehen kann. Verknöcherungen der Haut kommen bei den recenten Amphibien selten vor (*Gymnophionen*); dagegen ist bemerkenswerth der Reichthum an

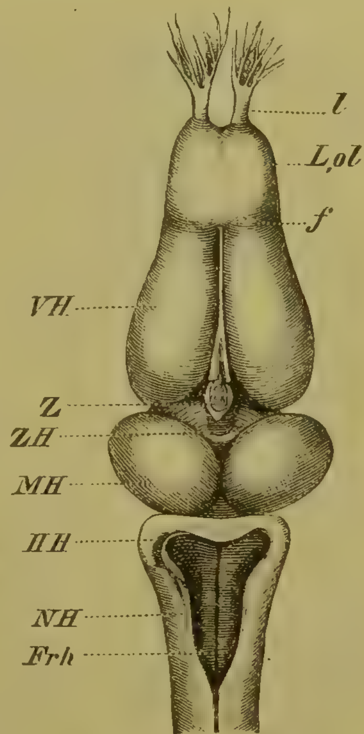


Fig. 512. Hirn vom Frosch. *l* Riechnerven, *L,ol* Lobus olfactorius, *f* Trennungsfurche gegen *VH* Grosshirnhemisphären, *ZH* Zwischenhirn, *Z* Zirbeldrüse, *MH* Mittelhirn, *HH* Kleinhirn, *NH* Medulla oblongata, *Frh* Rautengrube.

Chromatophoren, die unter dem Einfluss von Nerven ihre Gestalt verändern und dadurch den Farbenwechsel vieler Amphibien bedingen.

Blutgefässsystem. Das Herz der Amphibien (Fig. 513, 514) hat zwei scharf getrennte Vorkammern, eine rechte mit venösem Blut (a^1), eine linke, welche zur Zeit der Lungenathmung arterielles Blut (a^2) führt, dagegen nur eine Kammer (*v*) und eine äusserlich wenigstens noch einheitlich erscheinende aufsteigende Aorta (*aa*). Die 3—4 von der Ao. ascendens entspringenden Arterienbögen verhalten sich verschieden, je nachdem die Athmung durch Kiemen erfolgt oder nicht. Im ersteren Fall (Fig. 513) ist an den drei vorderen Arterienbögen (1—3) eine doppelte Schliessung vorhanden; der eine Weg (*b*) führt direct zur Aorta descendens, der andere durch die Kiemenarterien (1^1—3^1) in die Kiemenbüschel und aus dem Capillarnetz derselben durch die Kiemenvenen ebenfalls zur Ao. descendens. Nur der vierte Bogen giebt keine Gefässe an die Kiemen ab, dagegen die Arteriae pulmonales (*p*) zu den Lungen.

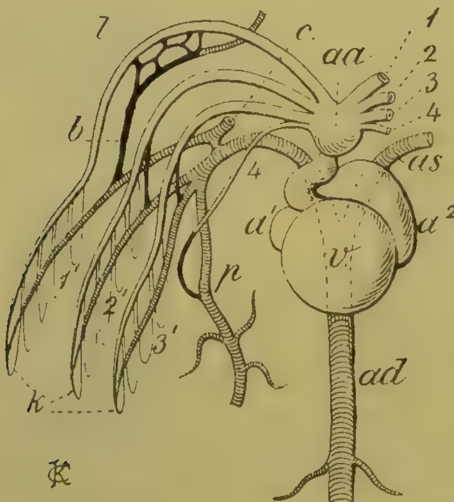


Fig. 513.

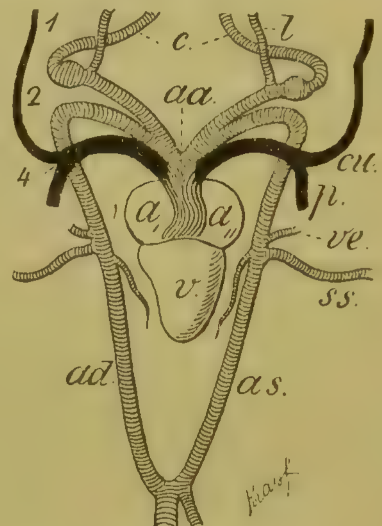


Fig. 514.

Fig. 513. Blutkreislauf einer Salamanderlarve (nach Boas). a^1 rechte, a^2 linke Vorkammer, *v* Kammer, *aa* Aorta ascendens, *ad* Aorta descendens, *as* linker Aortenbogen, *1—4* Arterienbögen, *b* directe Schliessung derselben, *l* Kiemenschliessung, *1'—3'* Kiemenkreislauf, *p* Pulmonalis, *c* Carotis, *k* Kiemen.

Fig. 514. Kreislauf des Frosches (etwas schematisirt). *a'* rechte, *a''* linke Vorkammer, *v* Ventrikel, *aa* Aorta ascendens, *ad*, *as* rechter und linker Bogen der Aorta descendens, *c* Carotiden, *l* Lingualis, *ve* Vertebralis, *ss* Subclavia, *cu* Cutanea, *p* Pulmonalis, *1, 2, 4*, die drei erhaltenen Arterienbögen.

Wenn die Kiemen verloren gehen (Fig. 514), schwindet der dritte Arterienbogen bei vielen Amphibien gänzlich, von den übrigen drei wenigstens die zu den Kiemen tretenden Gefässe, während die directen Verbindungen erhalten bleiben und neue Verwendung finden. Die erste (1) liefert die den Kopf versorgenden Carotiden (*c*), die zweite vereinigt sich mit der der anderen Seite zur Aorta descendens (*ad*), der vierte Arterienbogen (4) versorgt mit einem Ast, A. pulmonalis (*p*), die Lunge, mit einem zweiten Ast, A. cutanea (*cu*), die Haut. Die Stärke des letzteren ist ein weiterer Beweis, welche grosse Bedeutung der Hautathmung bei den Amphibien zukommt. Eine Klappenvorrichtung in der Ao. ascendens bringt es mit sich, dass das dem Körper entstammende venöse Blut des rechten Vorhofs der Hauptmasse nach

durch den respiratorischen vierten Gefässbogen in die A. pulmonales und cutaneae geleitet wird, während das aus der Lunge durch besondere Venen dem linken Vorhof zuströmende arterielle Blut den Weg zum ersten und zweiten Bogen (Carotiden und Aortenbogen) einschlägt. So wird eine leidliche Sonderung des Lungen- und Körperkreislaufs bewerkstelligt, obwohl beiderlei Blutströme noch ein gemeinsames Bett (Herzkammer und aufsteigende Aorta) zu passiren haben.

Geschlechts-organe. Für den Geschlechtsapparat (Fig. 485) gilt Aehnliches wie bei den Haien. Die Eier gelangen aus dem traubigen Eierstock in die weite Mündung des Müller'schen Ganges (Oviduct) und werden in einer Ausweitung desselben (Uterus) mit Gallerthüllen umgeben. Die Spermatozoen dagegen passiren den oberen Abschnitt der Niere und werden durch den Harnleiter entleert. Die Unterschiede zu den Selachieren bestehen vornehmlich darin, dass die Nieren als compacte, häufig bohnenförmige Körper innerhalb der Leibeshöhle liegen und dass eine Harnblase vorhanden ist, welche vor dem Darm angebracht ist und entfernt von den in die Rückwand einmündenden Urogenitalcanälen sich in die Vorderwand der Cloake öffnet.

Bei allen Amphibien kommt eine Art Begattung vor. Die *Tritonen* schwimmen spielend mit einander, bis das Männchen das Weibchen festhält und durch Drehen des Schwanzes seine Cloakenöffnung auf die weibliche Cloake fest aufpresst, so dass die Spermatozoen in dieselbe eindringen können. Bei den froschartigen *Amphibien* klammert sich das oft kleinere, auf dem Weibchen hockende Männchen mit seinen vorderen Extremitäten hinter den Vorderextremitäten des Weibchens fest und wartet tagelang, bis die Eiablage erfolgt, worauf das Männchen seinen Samen über die Eier ausspritzt, welche bald darauf die bei allen Amphibien herrschende totale, aber inäquale Furchung beginnen. Alle *Batrachier* müssen somit ovipar sein; ovipar sind auch die meisten geschwänzten Amphibien, doch ermöglicht die Aufnahme des Sperma in die weiblichen Geschlechtswege, dass einige unter ihnen, wie *Salamandra maculosa* und *S. atra,* lebendig gebären. Brutpflege findet sich hie und da und wird bald vom Männchen, bald vom Weibchen ausgeübt. Das Männchen der Geburtshelferkröte (*Alytes obstetricans*) wickelt nach der Befruchtung die Eischnüre um seine Extremitäten und verkriecht sich in Erdlöcher, bis die jungen Thiere zum Ausschlüpfen reif sind. Das Männchen von *Rhinoderma Darwini* hat einen weiten, von dem Pharynx ausgestülpten Kehlsack, in welchem es die jungen Thiere bis zur Beendigung der Metamorphose beherbergt. Bei *Pipa americana* werden die befruchteten Eier vom Männchen dem Weibchen auf den Rücken gestrichen, wo sie durch Wucherung der Haut in dicht an einander grenzende Zellen, die in ihrer Gesammtheit an eine Bienenwabe erinnern, eingeschlossen werden.

Metamorphose. Die Entwicklung der Amphibien hat von jeher in den weitesten Kreisen Interesse erweckt als das einzige leicht zu beobachtende Beispiel von Metamorphose bei den Wirbelthieren. Die Metamorphose ist um so deutlicher ausgeprägt, je mehr sich der Bau des ausgebildeten Thieres vom Bau der Fische und damit auch vom Bau der fischähnlichen Larven entfernt. Dies gilt für die *Frösche* und deren Verwandte. Aus dem Ei schlüpft bei den Fröschen die Kaulquappe (Fig. 4), welche keine Lunge, dafür aber 3 Kiemenbüschel, keine paarigen Extremitäten, dafür aber einen dem Frosch fehlenden Ruderschwanz, d. h. einen mit einem unpaaren Flossensaum eingefassten Schwanz besitzt.

Bei der Metamorphose gehen die Kiemen und der Ruderschwanz als Larvenorgane verloren, während dafür die Lungen und die paarigen Extremitäten hervorsprossen. Eine Complication der Metamorphose wird weiter noch durch das Auftreten von zweierlei Kiemenathmung herbeigeführt. Die beim Verlassen des Eies vorhandenen äusseren Kiemenbüschel haben kurzen Bestand und werden bald durch innere, in den Kiemenspalten selbst liegende Kiemen ersetzt; diese sind äusserlich nicht sichtbar, weil sie von einer Hautfalte überdeckt werden, welche über den Kiemen einen geschlossenen Sack, die Kiemenhöhle, erzeugt. In die Kiemenhöhle führt von aussen entweder jederseits eine besondere Oeffnung oder eine unpaare Oeffnung dient für beide Seiten. — Bei allen *geschwänzten Amphibien* vereinfacht sich die Metamorphose, indem gewöhnlich nur die 3 Kiemenbüschel schwinden und in ihrer Function durch Lungen ersetzt werden. Manchmal kommen dazu noch Gestaltveränderungen, Veränderungen der Bezahnung und Umwandlung des Ruderschwanzes in einen drehrunden Schwanz. Umgekehrt kann auch der letzte Rest einer Metamorphose verloren gehen, wenn die Kiemen neben den Lungen dauernd beibehalten werden (*Perennibranchiaten*).

I. Ordnung. Urodelen, Schwanzlurche.

Die Urodelen sind unter den Amphibien vermöge ihres langgestreckten, von niedrigen Extremitäten getragenen Körpers den Fischen noch am ähnlichsten. Ihre Wirbelsäule besteht aus zahlreichen Wirbeln, von denen ein ansehnlicher Theil hinter dem Kreuzbeinwirbel liegt und somit dem Schwanzabschnitt angehört. Rippen sind zwar vorhanden, aber so klein, dass sie das Sternum nicht erreichen. Trommelfell, Trommelhöhle und Ohrtrompete fehlen; ebenso fehlt mit den Stimmritzknorpeln die Fähigkeit der Tonbildung.

I. Unterordnung. *Perennibranchiaten.* Dauernd sind 2—4 Kiemenspalten, 3 äussere Kiemenbüschel und ein Ruderschwanz vorhanden. *Menobranchus lateralis* Say, 4 Kiemenspalten. *Siren lacertina* L., 3 Kiemenspalten, Nordamerika. *Proteus anguineus* Laur., der Olm der Adelsberger Grotte und anderer Höhlen des Karsts, 2 Kiemenspalten; als Höhlenbewohner ist das Thier blind, indem es rückgebildete Augen hat, welche ausserdem von Muskeln bedeckt und daher functionsunfähig sind. Auffallend gross sind die Zellen der Gewebe, ganz besonders die Blutkörperchen.

II. Unterordnung. *Derotremen.* Die Kiemen schwinden, es erhält sich aber noch eine Kiemenspalte. *Menopoma Alleghanense* Harl. Nahe verwandt ist die durch Verlust des Kiemenlochs zu den Salamandrinen überleitende, grösste lebende Amphibie, der 1—2 Meter lange *Cryptobranchus japonicus* v. d. Hoev.

III. Unterordnung. *Salamandrinen.* Nach Verlust der Kiemen schliessen sich die Kiemenspalten. Der Ruderschwanz erhält sich bei der Gattung *Triton*, *Triton cristatus* Laur., *T. alpestris* Laur., *T. taeniatus* Schn., während bei der Gattung *Salamandra* die geschlechtsreifen Thiere drehrunde Schwänze haben. *Salamandra maculosa* Laur. und *S. atra* Laur. sind beide lebendig gebärend. *S. atra* führt sogar im Mutterleibe seine Metamorphose zu Ende, da die jungen Thiere genügend Nahrung finden, weil von zahlreichen Eiern immer nur 2—3 sich entwickeln und von dem Speisebrei leben, zu dem die übrigen Eier zerfallen.

Bei den Tritonen kommt es vor, dass die Larven, durch äussere Umstände an der Metamorphose verhindert, die Kiemen behalten und geschlechtsreif werden. Noch mehr trifft das Gesagte für manche Arten der Gattung *Amblystoma* zu. Das *Amblystoma mexicanum* behält im Naturzustand unter normalen Verhältnissen die Kiemen dauernd bei und heisst dann *Siredon pisciformis* Shaw Axolotl; wenn es durch ungünstige Wasserverhältnisse gezwungen wird, sich zum Amblystoma zu verwandeln, wird es nicht geschlechtsreif, ein Zeichen, dass das Verharren auf dem Siredon-Zustand die Norm ist, während für andere Arten wie *A. fasciatum* und *A. punctatum* umgekehrt die Beendigung der Metamorphose die natürliche Entwicklungsweise darstellt. Nahe verwandte Arten würden, wenn man sich scharf an die systematischen Begriffe halten wollte, weit zu trennen und verschiedenen Unterordnungen einzureihen sein, das *A. mexicanum* als *S. pisciformis* den *Perennibranchiaten*, die beiden anderen *Amblystomen* den *Salamandrinen*.

Hier schliessen sich ausser ausgestorbenen grossen Salamandrinen (dem früher als Menschenskelet „homo diluvii testis" beschriebenen tertiären *Andrias Scheuchzeri*) die im Carbon auftretenden und in der Trias schon wieder verschwindenden, z. Th. riesigen *Stegocephalen* an, die sich durch starke Beschuppung des Körpers und Knochenpanzerung des Kopfes von den Urodelen unterschieden, manche auch durch die labyrinthisch eingefaltete Schmelzoberfläche der Zähne *(Labyrinthodonten)*.

II. Ordnung. Anuren, Batrachier, Froschlurche.

Die Anuren haben sämmtlich den gedrungenen Körperbau unserer Kröten und Frösche. Derselbe ist durch die geringe Zahl (9) der Rumpfwirbel und das gänzliche Fehlen des Schwanzes bedingt. Hinter dem Sacralwirbel folgt als Repräsentant einer Schwanzwirbelsäule nur ein langer, säbelförmiger Knochen, das Os coccygis. Rippen fehlen, da ihre Anlagen mit den Proc. transversi verschmelzen und die auffällige Grösse derselben bedingen. Um so stattlicher sind die vielfach zum Klettern und Springen dienenden Extremitäten. — Trommelfell und Trommelhöhle sind vorhanden und verleihen dem Gehör im Vergleich zu den Urodelen eine grössere Vollkommenheit, die wohl damit zusammenhängt, dass die Anuren eine Stimme besitzen. Da die aus den Eiern ausschlüpfenden Larven ausser dem Ruderschwanz noch Kiemen, Kiemenspalten und Kiemenbögen haben, welche dem erwachsenen Thier fehlen, erreicht die Metamorphose bei den Anuren ihren Höhepunkt.

I. Unterordnung. *Aglossen.* Krötenartige Batrachier mit rückgebildeter Zunge. *Pipa americana* Laur., Wabenkröte. Das grössere Weibchen trägt die Eier und Jungen während der Entwicklung in wabenartigen Räumen der Rückenhaut mit sich herum.

II. Unterordnung. *Discodactylen.* Zehen enden mit kleinen Haftscheiben, welche es den Thieren ermöglichen, an senkrechten Wandungen emporzuklettern. Eine einheimische Form ist der durch besonders schönen Farbenwechsel ausgezeichnete Laubfrosch, *Hyla arborea* L., westindisch der *Hylodes martinicensis* Tsch., bei welchem in Folge der Trockenheit des Aufenthaltsorts die ganze Metamorphose in den festen Eischalen abläuft.

III. Unterordnung. *Oxydactylen.* Zehen enden spitz. Hierher gehören die meisten unserer einheimischen Batrachier, welche nach der Be-

zahnung ihres Oberkiefers, sowie je nachdem die Beine zum Springen oder Kriechen dienen, in 3 Familien abgetheilt werden. — 1. *Raniden*, Frösche. Oberkiefer und Zwischenkiefer bezahnt; hintere Extremitäten lang, zum Sprung geeignet. *Rana temporaria* L., brauner Grasfrosch, laicht im März; *Rana esculenta* L., grüner Wasserfrosch, laicht im Mai und Juni. Männchen mit Schallblasen ausgerüstet. 2. *Pelobatiden*, Knoblauchskröten, ähneln in der Bezahnung des Oberkiefers den Fröschen, in der Fortbewegungsweise den Kröten: *Pelobates fuscus* Laur. mit besonders grossen Kaulquappen; *Bombinator igneus* Rös., Unke; *Alytes obstetricans* Laur., wegen der Brutpflege des Männchens so benannt. — 3. *Bufoniden*, Kröten, mit zahnlosem Oberkiefer, ohne Sprungvermögen; reichliche Hautdrüsen, besonders hinter dem Ohr zu einem Packet vereint, liefern ein giftiges, die Schleimhäute (der Augen!) reizendes Secret. *Bufo vulgaris* Laur., *Bufo viridis* Laur.

III. Ordnung. Gymnophionen, Blindwühlen.



Fig. 515. Embryo von Epicrium glutinosum (aus Boas nach Sarasin).

Die ausschliesslich tropischen Blindwühlen bohren sich Gänge in feuchter Erde, um auf kleinere wirbellose Thiere Jagd zu machen. In Folge dieser unterirdischen Lebensweise sind die Augen klein und unter der Haut verborgen, die Extremitäten gänzlich rückgebildet, was den Thieren Aehnlichkeit mit Schlangen und Regenwürmern giebt. In der Haut sind kleine Schuppen eingelagert; ein Trommelfell fehlt. In der Jugend ist ein später schwindendes Kiemenloch vorhanden; innerhalb der Eischalen haben manche Arten 3 Paar wundervoller Kiemenbüschel (Fig. 515), ein Beweis der Zugehörigkeit zu den Amphibien. — *Coeciliden: Epicrium glutinosum* Fitz., Ceylon. *Coecilia lumbricoides* Daud. Amerika.

II. Unterstamm.

Amnioten.

Wirbelthiere, welche im Embryonalleben ein Amnion und eine Allantois haben, deren embryonales Nierensystem (Urniere, Urnierengang, Müller'scher Gang) in seiner Fucktion durch die bleibende Niere abgelöst wird und dann nur so weit, als es zur Ausleitung der Geschlechtsproducte dient, erhalten bleibt, bei denen endlich zwar Kiemenspalten als vorübergehende Bildungen zur Entwicklung kommen, Kiemen und Kiemenathmung dagegen gar nicht mehr auftreten.

V. Classe.

Reptilien oder Kriechthiere.

Die Reptilien wurden wegen der grossen Aehnlichkeit ihrer Körpergestalt lange Zeit systematisch mit den Amphibien vereinigt, zu denen sie in der That ihrer Erscheinungsweise nach eine vollkommene Parallelgruppe bilden. Der schlanke Habitus der *Tritonen* wiederholt sich unter den Reptilien bei den *Eidechsen*, die gedrungene Körperform der *Batrachier* bei den *Schildkröten* und manchen *Erdagamen*, die Wurmähnlichkeit der *Coecilien* bei *Blindschleichen*, *Ringelechsen* und *Schlangen*. Um so mehr müssen die unterscheidenden Merkmale betont werden, bei deren Besprechung wir 2 Gesichtspunkte im Auge behalten müssen: 1. dass die Reptilien zu den Amnioten gehören und daher im Embryonalleben die Merkmale derselben (Urniere, Allantois und Amnion) besitzen, 2. dass sie, wenn auch vielfach im Wasser lebend, in ihrem ganzen Bau, im gänzlichen Mangel der Kiemenathmung, in der Beschaffenheit der Haut und des Skelets sich wie echte Landthiere verhalten.

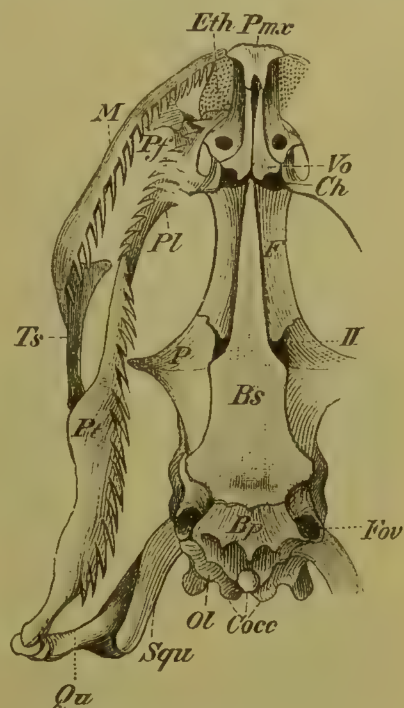


Fig. 516. Schädel der Natter von unten (aus Wiedersheim). Cranium: *Eth* Ethmoidalknorpel, *F* und *P* die von der Schädeldecke abwärts gewucherten Frontalia und Parietalia, *Bs* Basisphenoid (im vorderen Abschnitt auch Präsphenoid), *Bp* Basioccipitale, *Ol* Exoccipitale, *Cocc* Condylus occipitalis, *II* Opticusloch, *Fov* Fenestra ovalis, Visceralskelet: *Pmx* Prämaxillare, *M* Maxillare, *Ts* Transversum, *Vo* Vomer, *Pl* Palatinum, *Pt* Pterygoid, *Qu* Quadratum, *Squ* Squamosum, *Ch* Choane.

Haut.

Die Haut der Reptilien ist, um der Trockenheit der Luft besser Widerstand zu leisten, stark verhornt, so dass man an der Epidermis ein vielschichtiges Stratum Malpighi und ein vielschichtiges Stratum corneum unterscheiden kann. Ein weiterer Schutz erwächst dem Thiere durch die dicke, vielfach zu Leder gerbbare Cutis, in welcher gar nicht selten Knochenplatten eingelagert sind. Selten finden sich in ihr Drüsen, unter denen die Schenkeldrüsen der Saurier wegen ihrer systematischen Bedeutung hier erwähnt werden mögen (Fig. 519 *b*). — Das Axenskelet, Schädel wie Wirbelsäule, besteht fast ganz aus Knochen; nur ausnahmsweise erhält sich — bei den mit amphicoelen Wirbeln ausgerüsteten *Ascalaboten* — die Chorda in ansehnlichen Resten.

Schädel.

In der allgemeinen Anordnung der Theile wiederholt der Reptilienschädel viele der für die Amphibien beschriebenen Grundzüge (Fig. 516). Der vollkommen verknöchernde Quadratknorpel (*Qu*) (hinteres Ende des Palatoquadratum) fügt sich der Gehörregion der Schädelkapsel an und trägt den Unterkiefer, während das Hyomandibulare ein stabförmiges Hörknöchelchen, die Columella, liefert. Auf dem Quadratum — vielfach auch zwischen dasselbe und die Schädelkapsel eingeschaltet — liegt das Squamosum (*Squ*); von ihm vorwärts erstreckt sich die häufig bezahnte Palatinreihe: Pterygoid (*Pt*), Palatinum (*Pl*), Vomer (*Vo*). Vor der Palatinreihe wiederum und parallel zu ihr liegt

die Maxillarreihe, Prämaxillare (*Pm*) und Maxillare (*M*). Die Befestigung des hinteren Maxillarendes ist für die Reptilien in hohem Maasse charakteristisch, indem sich ein den Amphibien und allen übrigen Wirbelthieren fehlender Knochen, das Os transversum (*Ts*), als eine quere Brücke zwischen Kiefer- und Gaumenreihe vom hinteren Ende des Maxillare an das Pterygoid erstreckt. Ausserdem kann das Maxillare noch durch den Jochbogen an das Quadratbein befestigt sein (Fig. 520, 524); doch ist der Jochbogen nicht constant vorhanden, auch nicht immer in derselben Weise gebildet (meist durch 2 Knochen: Jugale und Quadratojugale). Vom hinteren Visceralskelet erhält sich beim Mangel der Kiemen nur der Zungenbeinkörper mit Vorder- und Hinterhorn (Hyoid und erstem Kiemenbogen).

Bei der Schädelkapsel im engeren Sinn ist die Zahl der Belegknochen der Decke um die Prä- und Postfrontalia, sowie die Lacrymalia vermehrt; dagegen fehlt der Belegknochen der Basis, das Parasphenoid, weil von den Reptilien an primäre Knochen genügend für Festigkeit sorgen, zuvorderst das Präsphenoid, dahinter das Basisphenoid (beide gemeinsam *Bs*), zuletzt das Basioccipitale (*Bp*). Jederseits dieser 3 Knochen finden sich Begleitknochen, die Orbitosphenoidea, Alisphenoidea und Exoccipitalia (*Ol*), letztere dorsal durch das Supraoccipitale verbunden. Als letztes Element kommt dazu die knöcherne Gehörkapsel, das Petrosum. Nächst dem Fehlen des Parasphenoids ist hierbei am bedeutsamsten das erneute Auftreten von Supraoccipitale und Basioccipitale. Indem letzteres sich zwischen die Exoccipitalia und die von denselben getragenen Condyli occipitales einschaltet, verbindet es dieselben zu dem systematisch äusserst wichtigen, die Reptilien von den Amphibien unterscheidenden, unpaaren Condylus occipitalis.

Wirbelsäule. Der convexe Condylus occipitalis bildet mit einer concaven Gelenkfläche des ersten Halswirbels ein Gelenk für die Nickbewegungen des Kopfes. Die Drehbewegungen dagegen (die Drehungen um die Längsaxe) werden durch eine Verschiebung der beiden ersten Halswirbel gegen einander bewirkt, wobei dieselben zum Atlas und Epistropheus werden. Der erste Halswirbel, der Atlas, ist ein ziemlich gleichmässig dicker Knochenring. Der Körper des Wirbels, welcher in dem Ring eine Anschwellung bilden sollte, ist selbständig geworden und beginnt bei den Reptilien mit dem Körper des zweiten Halswirbels, des Epistropheus, zu verwachsen; er bildet den Zahnfortsatz desselben, um welchen der Atlasring sammt dem aufruhenden Schädel bei den Drehbewegungen des Kopfes rotirt. — Auch sonst wird die Wirbelsäule reicher gegliedert. Da 2 Sacralwirbel sich mit dem Beckengürtel verbinden, werden Lenden-, Kreuzbein- und Schwanzwirbel noch schärfer als bei den Amphibien geschieden. Ferner kommt es zur Sonderung von Hals- und Brustwirbeln, weil die langen Rippen der Brustwirbel den Anschluss an das Sternum erreichen (Fig. 469 *C*). Da die reichere Gliederung der Wirbelsäule durch die Verbindung mit den Extremitäten veranlasst wird, schwindet sie, wenn die letzteren durch Rückbildung verloren gehen, wie *Schlangen, Blindschleichen* und *Ringelechsen* lehren.

Wenn Extremitäten vorhanden sind, schwankt die Zahl der Zehen zwischen drei bis fünf (meist 4 oder 5). Am hinteren Extremitätengürtel sind Scham- und Sitzbeine geschieden und mit den entsprechenden Knochen

der anderen Seite in einer doppelten Symphyse verbunden. Am Schultergürtel sind nur Scapula und Coracoid constant; eine Clavicula findet sich bei *Schildkröten* und *Sauriern*, bei letzteren auch ein Episternum (Fig. 469). Systematisch am wichtigsten ist an der hinteren Extremität die Verlegung des Sprunggelenks mitten in den Tarsus hinein, so dass bei der Bewegung die Tarsalien der ersten Reihe mit Tibia und Fibula, die der zweiten Reihe mit den Metatarsen fest verbunden bleiben (Intertarsalgelenk, Fig. 531 *C*.)

Respirationsorgane.

Da bei keinem Reptil auch nur vorübergehend Kiemen vorhanden sind, werden die embryonal sich anlegenden Kiemenspalten noch vor dem Verlassen der Eihüllen vollkommen rückgebildet. Auch die Hautathmung spielt nicht mehr die wichtige Rolle wie bei den Amphibien, und so werden die Lungen die Träger der Athmung, wie sie es bei Vögeln und Säugethieren sind; sie erhalten einen fächerigen Bau und gut entwickelte Luftwege, einen Kehlkopf und eine lange von Knorpeln gestützte Trachea, die sich meist am unteren Ende in zwei wenn auch kurze Bronchien gabelt (Fig. 517). Die ausschliessliche Lungenathmung führt zu wichtigen Fortschritten in der Theilung des Herzens in eine linke arterielle und eine rechte venöse Hälfte und in der Sonderung der Gefässe in Körper- und Lungengefässe (Fig. 518).

Blutgefässsystem.

Die beiden Vorkammern (a^1 a^2) lassen schon durch die tiefe Einschnürung der Oberfläche die vollkommene Trennung erkennen; in der Kammer (v^1 v^2) bildet sich ebenfalls eine Scheidewand aus; dieselbe ist aber bei *Schildkröten, Eidechsen* und *Schlangen* unvollständig; auch bei den *Crocodilen*, bei denen die Trennung innerlich vollkommen durchgeführt ist, sieht die Kammer äusserlich wie ein einheitlicher Abschnitt aus. Auch kommt es bei den *Crocodilen* noch zu einer Mischung von arteriellem und venösem Blut, indem zwischen den grossen, von den Kammern aufsteigenden Gefässen eine Communication, das Foramen Panizzae, bestehen bleibt. Eine weitere Mischung der Blutsorten wird

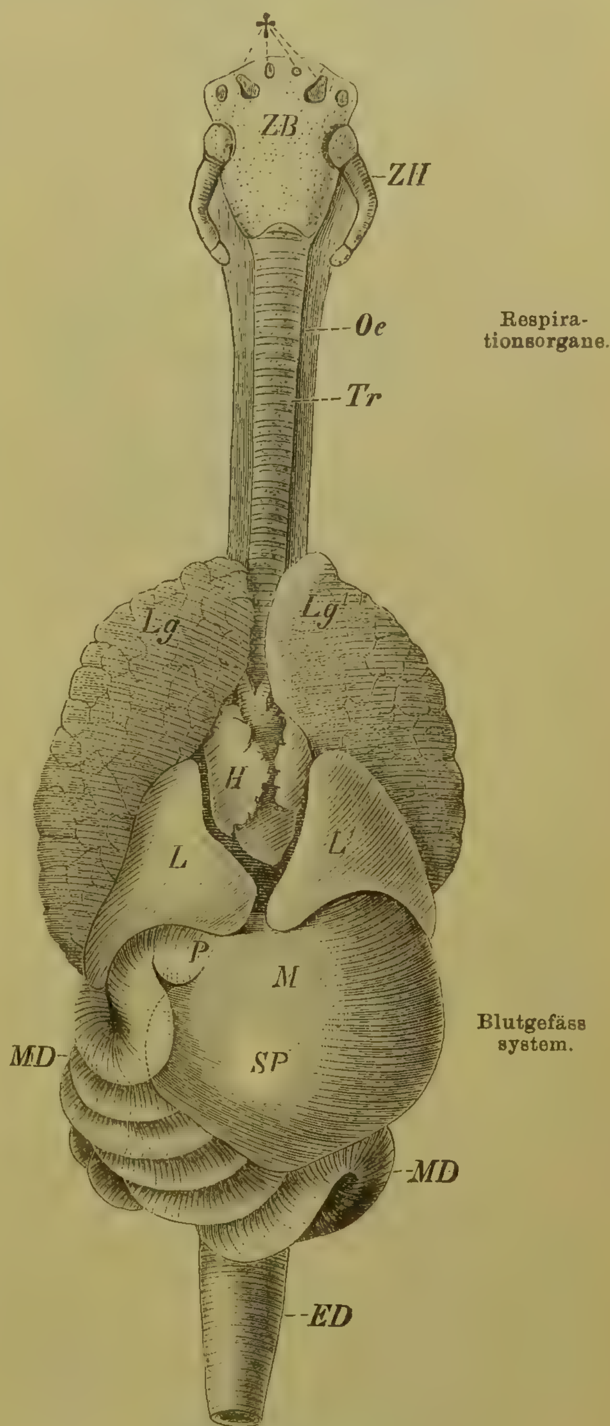


Fig. 517. Eingeweide eines Alligators. *ZB* Zungenbein-Körper (bei † perforirt), *ZH* Zungenbeinhörner, *Oe* Oesophagus, *Tr* Trachea, *Lg* Lg^1 Lungen, *H* Herz, *L* L^1 Leber, *M* Magen, *Sp* Sehnige Stelle desselben, *P* Pylorus, *Md*, *Ed* Mittel- und Enddarm (aus Wiedersheim).

durch die Art und Weise, in welcher die Arterienbögen sich auf die beiden Herzkammern vertheilen, herbeigeführt. Der bei *Fischen* und *Amphibien* noch einheitliche aufsteigende Arterienstamm ist durch innere Scheidewände, die sich aber nur selten oberflächlich bemerkbar machen, in 3 Gefässe zerlegt. Eines derselben entspringt aus dem rechten Kammerabschnitt, führt somit venöses Blut und übernimmt den letzten die Lungengefässe abgebenden Arterienbogen; es ist die A. pulmonalis (*p*). Ein zweites Gefäss entspringt aus dem linken Herzen, ist daher rein arteriell und übernimmt den grössten Theil der übrigen Arterienbögen, den Theil, der zu den Carotiden (*c*) (I. Bogen) und zum rechten Aortenbogen (*ad*) (rechte Seite des II. Bogens) wird. So bleibt für das 3. Gefäss nur der linke Aortenbogen (*as*) übrig. (linke Seite des II. Bogens), der mit dem correspondirenden rechten zur Aorta descendens verschmilzt. Dieser linke Arterienbogen entspringt merkwürdigerweise aus dem rechten Herzen und mischt daher venöses Blut dem arteriellen Hauptstrom der Aorta descendens bei.

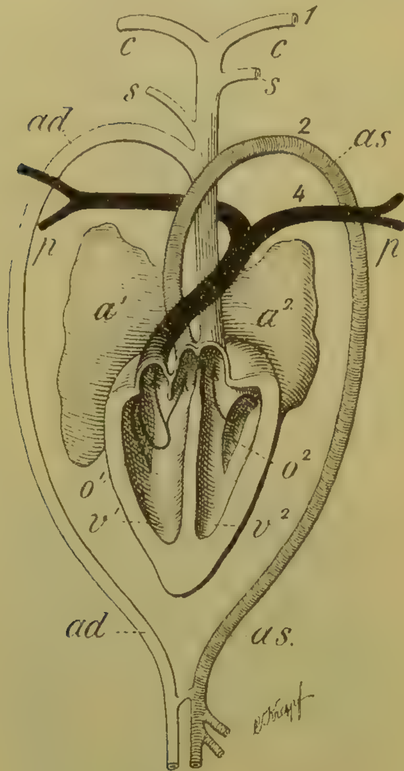


Fig. 518. Herz des Crocodils mit abgehenden Arterien schematisirt; a^1 rechte, a^2 linke Vorkammer, v^1 rechte, v^2 linke Kammer, o^1 rechtes, o^2 linkes Ostium atrioventriculare. Die aufsteigende Arterie ist in 3 Aeste gespalten, von denen zwei, Arteria pulmonalis *p* und linker Aortenbogen *as*, aus der rechten, einer aus der linken Kammer entspringt. Letzterer Stamm hängt mit dem linken Aortenbogen durch das Foramen Panizzae zusammen und giebt ab: *ad* den rechten arteriellen Aortenbogen, *s* die Subclavien, *c* die Carotiden. *1*, *2*, *4* die Zahlen der mit den Amphibien vergleichbaren Arterienbögen; die Pfeile geben die Richtungen des arteriellen und venösen Blutstromes an.

Der venöse Charakter des linken Arterienbogens und die Unvollständigkeit des Septum ventriculorum (resp. die Anwesenheit des Foramen Panizzae) verhindern, dass schon bei den Reptilien eine völlige Scheidung eines Lungen- und Körperkreislaufs erzielt wird. Bei den *Schildkröten* kommt dazu ein drittes Moment, dass die Pulmonalarterien wie bei den Perennibranchiaten (Fig. 513) durch linke und rechte Anastomosen (Ductus Botalli) mit den Aortenbögen in Verbindung bleiben.

Nervensystem. Sinnesorgane.

Zu den durch den Landaufenthalt bedingten, die *Reptilien* von den *Amphibien* trennenden Merkmalen der Athmung und der Circulation gesellen sich weitere Unterschiede, die der Ausdruck höherer Organisationen sind. Während die Sinnesorgane sich nur in wenigen Punkten — Auftreten der Fenestra rotunda des Gehörorgans — über die schon bei Batrachiern erreichte Stufe erheben, zeigt das Hirn zwei Fortschritte: das Kleinhirn wird — besonders bei *Schildkröten* und *Crocodilen* — wieder ansehnlicher; das Grosshirn umwächst nach rückwärts und abwärts das Zwischenhirn und bildet den Schläfenlappen der Grosshirnhemisphären. Wohlentwickelt wie bei keinem andern Wirbelthier ist auch die Zirbeldrüse, welche bei manchen *Sauriern* unter der Haut in einer Oeffnung der Parietalia (Foramen parietale) als ein

Parietalauge lagert und mit dem Hirn durch einen langen Stiel verbunden bleibt.

Urogenitalsystem.

Im Nierensystem finden wir die bei Vögeln und Säugethieren herrschenden Verhältnisse. Im Embryo functionirt zunächst nur die Urniere (Wolff'scher Körper) mit dem Urnierengang; hinter derselben entsteht erst später die bleibende Niere mit dem Ureter, während der embryonale Nierenapparat zu Grunde geht mit Ausnahme der Theile, welche vermöge ihrer Beziehung zum Hoden beim Männchen erhalten beiben und zum Nebenboden und Vas deferens werden. Beim Weibchen wird der Müller'sche Gang, welcher beim Männchen auch angelegt, aber rückgebildet wird, zum Eileiter. Meist münden die Urogenitalcanäle in die Rückwand des Darms (Cloake), selten in die Harnblase (*Chelonier*).

Entwicklung.

Fast sämmtliche Reptilien legen Eier; nur unter den *Lepidosauriern* giebt es wenige Formen, welche normalerweise wie die Blindschleichen lebendig gebären oder unter ungünstigen Verhältnissen, wie manche Schlangen, die Eier fast bis zu Ende der Embryonalentwicklung bei sich behalten. Die Eier sind den Vogeleiern ähnlich, indem die grosse dotterreiche Eizelle von einer Eiweissschicht und nach aussen davon von einer fibrösen, häufig verkalkenden Schale umhüllt wird. Auch darin herrscht Uebereinstimmung, dass die Eier, bevor sie abgesetzt werden, im Innern der mütterlichen Ausführgänge schon befruchtet worden sind und die discoidale Furchung begonnen haben. Um die innere Befruchtung zu ermöglichen, finden sich Begattungsorgane, welche systematisch von Interesse sind, da sie in ihrem Bau bei den *Schlangen* und *Sauriern* einerseits, bei den *Schildkröten* und *Crocodilen* andererseits einen besonderen Charakter tragen. Die Unterschiede treffen mit Unterschieden in der Gestalt der Cloakenspalte und in dem Bau des Schädels und der Haut zusammen, so dass man nach allen diesen Merkmalen die Reptilien in 2 Unterclassen trennen kann, in *Lepidosaurier* und *Hydrosaurier*, von denen die eine Unterclasse von den Eidechsen und Schlangen, die andere von den Schildkröten und Crocodilen gebildet wird.

I. Unterclasse.

Lepidosaurier, Plagiotremen.

Das gemeinsame Merkmal der *Saurier* und *Ophidier*, welches den Namen Plagiotremen veranlasst hat, ist die quere Form der Cloakenspalte (Fig. 519 *a*), hinter welcher beim Männchen paarige Copulationsorgane liegen. Jeder Penis ist ein Schlauch, der für gewöhnlich in einem Sack eingeschlossen liegt, bei der Begattung aber wie ein Handschuhfinger umgestülpt wird und dann auf seiner Oberfläche mit Wiederhaken bewaffnet ist. — Der Name Lepidosaurier bezieht sich auf die Beschuppung der Haut. Was man bei Reptilien Schuppen nennt, sind Horngebilde und somit etwas ganz Anderes als die knöchernen Schuppen der Fische. Die bindegewebige Lederhaut bildet abgeplattete Papillen und zwingt dadurch die Oberhaut zu

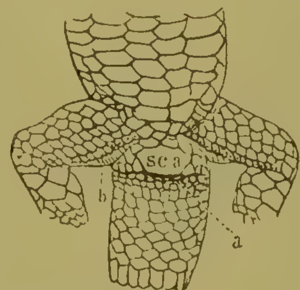


Fig. 519. Hinteres Rumpfende mit hinteren Extremitäten und Schwanzbasis einer Eidechse (aus Leunis-Ludwig). *a* Cloakenspalte, *b* Schenkelporen (Mündungen von Drüsen), *sca* Analschild.

einer ähnlichen Anordnung. Indem die Hornschicht ferner auf der Höhe der Papillen besonders dick ist und an den Grenzen derselben sich verdünnt, entstehen rhombische oder ovale Hornblätter, die entweder parketartig neben einander liegen: Schilder, oder sich dachziegelförmig von vorn nach hinten decken: Schuppen. Die Regel ist, dass der Kopf mit regelmässig angeordneten und daher auch besonders benannten Schildern bedeckt ist, der Rumpf dagegen mit Schuppen, die in Quer-, Schräg- und Längsreihen stehen. Die gesammte Hornschicht der Lepidosaurier ist nach aussen durch eine Lage fest an einander schliessender, verhornter Zellen zusammengehalten, die Pseudocuticula, welche, obwohl sie nicht ein Ausscheidungsproduct von Epithelzellen ist, sondern selbst aus Zellen besteht, vielfach Cuticula genannt wird. Da nun alle verhornten Zellen abgestorben sind und einer periodischen Erneuerung bedürfen, wird die Hornschicht im Zusammenhang (Natternhemd) alljährlich abgeworfen und durch eine neue ersetzt. Während der Dauer dieser periodischen Häutungen, welche denen der Arthropoden sehr ähnlich sind, kränkeln die Thiere und sterben namentlich in der Gefangenschaft leicht ab. — Neben den Hornschuppen kommen bei manchen Sauriern (*Pseudopus Pallasii*) noch kleine, an die Fischschuppen erinnernde und wie diese in die Papillen der Lederhaut eingeschlossene Knochenplättchen vor.

Alle *Lepidosaurier* sind im Skelet an der schlanken Beschaffenheit der Schädelknochen (Fig. 516, 520, 521) zu erkennen, welche namentlich bei den *Sauriern* einen nur unvollkommenen Abschluss der Schädelkapsel bewirken. Das Quadratbein ist beweglich am Schädel befestigt und ausserdem durch Einschiebung des Squamosum von der Gehörkapsel abgerückt. Ein harter Gaumen fehlt, weshalb die innere Choane wie bei Amphibien weit vorn an der Schädelbasis liegt (Fig. 516 *Ch*). In der Scheidewand der Herzkammer ist eine weite Communication zwischen linkem und rechtem Abschnitt vorhanden. — Die beiden Ordnungen der *Lepidosaurier* sind einander nahe verwandt und durch so viele Uebergangsformen verbunden, dass eine scharfe Scheidung kaum möglich ist.

I. Ordnung. Saurier, Echsen.

Die Saurier oder eidechsenartigen Reptilien unterscheidet man von den *Schlangen* meist leicht an den 4 gut entwickelten Extremitäten; allein es giebt einige wenige Formen, welche, obwohl unzweifelhafte Saurier, wie die *Blindschleichen*, vollkommen extremitätenlos und daher schlangenähnlich sind. Zum Erkennen dieser rückgebildeten Saurier kann dann dienen, dass Reste des Extremitätenskelets, das Schulterblatt und das an der Wirbelsäule festsitzende Darmbein, vor Allem aber das bei Schlangen nie auftretende Sternum erhalten sind. — Im Schädel treffen wir einen eigenthümlichen Knochen, der nur bei Sauriern vorkommt, hier aber allgemein mit Ausnahme der *Amphisbaenen* und *Chamäleons* verbreitet ist (Fig. 520 *co*). Er steigt senkrecht vom Pterygoid zum Parietale des Schädeldachs auf und heisst wegen seiner schlanken Gestalt „Columella", obwohl dieser Name in der Reptilienanatomie schon für das gleichfalls schlanke Hyomandibulare vergeben ist. — Die Knochen der Kieferreihe sind fest unter einander verbunden, so dass die von ihnen umschlossene Mundspalte keiner besonderen Erweiterung fähig ist: sie

werden durch ein Jochbein an das Quadratbein angeschlossen. In der äusseren Erscheinung der Saurier ist bemerkenswerth die Anwesenheit von Augenlidern, besonders der Nickhaut und das Vorkommen des Trommelfells, welches die durch die Ohrtrompete in den Pharynx mündende Trommelhöhle nach aussen abschliesst. Nur die zu den Schlangen überleitenden *Amphisbaenen* machen auch hier eine Ausnahme, indem Augenlider, Trommelfell und Trommelhöhle fehlen; Verwachsung der Augenlider nach Art der Schlangen findet sich bei den *Ascaloboten.*

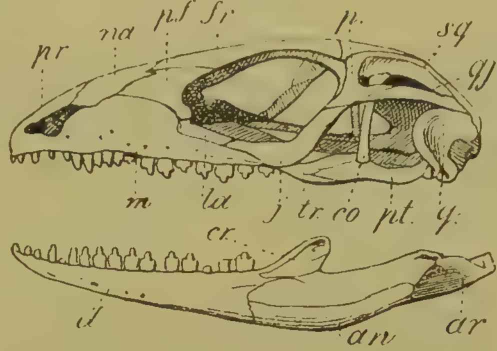


Fig. 520. Schädel von Ameiva vulgaris. *pr* Prämaxillare, *na* Nasale, *pf* Präfrontale, *fr* Frontale, *p* Postfrontale (darüber und darunter das Parietale), *sq* Squamosum, *qj* Quadratojugale, *q* Quadratum, *pt* Pterygoid, *co* Columella, *tr* Transversum, *j* Jugale, *la* Lacrymale, *m* Maxillare, *ar* Articulare, *an* Angulare, *d* Dentale, *cr* Coronoideum.

I. Unterordnung. *Crassilinguien.* Die Zunge ist fleischig, am vorderen Ende abgerundet und so kurz, dass sie aus der Mundöffnung nicht herausgestreckt werden kann. Je nachdem die Zähne auf der Schneide der Kiefer oder auf der Innenseite derselben angewachsen sind, unterscheidet man *acrodonte* und *pleurodonte* Arten, von denen die ersteren auf die alte Welt, die letzteren auf Amerika beschränkt sind. Pleurodont sind die abenteuerlich mit Halssäcken und Rückenkämmen ausgezeichneten *Iguaniden: Basiliscus americanus* Laur.; acrodont die *Agamiden: Draco volans* L., ein kleiner Saurier mit seitlichen, von beweglichen Rippen gestützten Hautfalten, welche gewöhnlich zusammengeklappt sind, durch Spreizen der Rippen aber zu einem Fallschirm ausgebreitet werden können. Die zum Theil auch in Südeuropa einheimischen *Geckotiden* (*Ascalaboten*) haben an den Zehen rauhe Haftlappen, die es den Thieren ermöglichen, an senkrechten Wänden und an der Unterseite von Decken gewandt zu laufen. *Ascalabotes fascicularis* Daud.

II. Unterordnung. *Brevilinguien.* Die ebenfalls kurze, aber weniger fleischige Zunge ist am Ende eingekerbt, wodurch die bei den Fissilinguien herrschende Zweitheilung vorbereitet wird. Die Extremitäten sind, wie die *Scincoiden* lehren, vielfach unvollkommen entwickelt oder ganz rückgebildet. Der bekannteste Vertreter ist die Blindschleiche, *Anguis fragilis* L., ein sich von Insecten nährendes, sonst harmloses Thier, das zu den wenigen lebendig gebärenden Formen gehört; nahe verwandt ist der durch besonders grosse Knochenschuppen ausgezeichnete Scheltopusik, *Pseudopus Pallasi* Cuv.

III. Unterordnung. *Fissilinguien.* Die sehr dünne, lange und ausserordentlich bewegliche Zunge ist am freien Ende in zwei feine Spitzen gespalten und kann durch eine Kerbe des Oberkiefers hervorgeschnellt und ebenso rasch in eine Scheide zurückgezogen werden. — Amerikanisch sind die meist grossen *Ameividen: Ameiva vulgaris* Licht. (Fig. 520); Bewohner der alten Welt sind die *Lacertiden* (die in Deutschland einheimischen *Lacerta agilis* L. und *L. vivipara* L., die am Südabhang der Alpen häufige, viel grössere, smaragdgrüne *L. viridis* L.) und die *Varaniden* (*Varanus* [*Monitor*] *niloticus* D., der grösste lebende, sich mit Vorliebe von Crocodileiern ernährende Saurier).

IV. Unterordnung. *Vermilinguien.* Die *Chamaeleontiden,* die einzige Familie der Gruppe, haben eine lange, fleischige Zunge, welche am Boden der Mundhöhle zusammengerollt liegt, zeitweilig aber hervorgeschleudert wird, um mit dem äussersten, verbreiterten, schleimbedeckten Ende Insecten zu fangen. Weitere Merkmale sind das irisartig functionirende, ringförmige Augenlid und die Kletterfüsse, an denen 2 Zehen rückwärts, 3 nach vorwärts gedreht werden können. Am bekanntesten sind aber die Chamäleons durch das lebhafte Spiel ihrer Chromatophoren, deren wechselnde Contractionszustände den sprichwörtlich gewordenen Farbenwechsel verursachen. *Chamaeleon vulgaris* Daud. in Südspanien und Nordafrika.

V. Unterordnung. *Annulaten.* Die Ringelechsen oder *Amphisbaeniden* nähern sich durch den Mangel beweglicher Augenlider, des Trommelfells und der Extremitäten (Sternum und Becken bleiben erhalten) den Schlangen; sie sind leicht zu erkennen an der durch Längs- und Querfurchen in oblonge Schilder abgetheilten Hornschicht der Haut. Da sie vergraben im Boden, namentlich in Ameisenhaufen leben, sind ihre Augen rudimentär. *Amphisbaena cinerea* Wgl., Südeuropa.

II. Ordnung. Ophidier, Schlangen.

Die Schlangen unterscheiden sich von der Mehrzahl der Saurier durch den Mangel der Extremitäten und die damit zusammenhängende gleichförmige Beschaffenheit der langgestreckten Wirbelsäule, an welcher man nur noch Rumpf- und Schwanzwirbel auseinanderhalten kann. Den Schwanzwirbeln fehlen die Rippen; dagegen sind die Rippen der Rumpfwirbel sehr lang und beweglich und dienen zur Fortbewegung, indem sie den Körper auf ihren distalen, durch ein Ligament verbundenen Enden balanciren. Da es nun Saurier ohne Gliedmaassen giebt, so ist weiter zu beachten, dass bei den Schlangen auch die Extremitätengürtel: Scapula, Ileum und Sternum, verloren gegangen sind; nur die Riesenschlangen haben noch Reste des Beckens, welche sich aber an der Wirbelsäule nicht mehr befestigen.

Zur weiteren Unterscheidung fussloser Saurier und echter Schlangen kann die Beschaffenheit der Sinnesorgane und der Kiefer benutzt werden. Von den Hilfsapparaten des Gehörs ist die Columella zwar vorhanden, dagegen fehlen Trommelfell, Paukenhöhle und Ohrtrompete. Auch die Augenlieder scheinen zu fehlen; eine genauere Untersuchung lehrt jedoch, dass sie vor der Cornea und von ihr durch den Thränensack getrennt zu einer uhrglasartigen, durchsichtigen Membran verwachsen sind, welche dem Auge der Schlangen den starren, ihre Opfer schreckenden und lähmenden Blick verleiht.

Der Kieferapparat (Fig. 516, 521) zeichnet sich durch seine enorme Dehnbarkeit aus, welche es den Schlangen gestattet, ganze Thiere, die einen grösseren Durchmesser haben als sie selbst, zu verschlucken, nachdem sie dieselben — Riesenschlangen, z. B. kleine Kälber — umringelt und zermalmt haben. Die Dehnbarkeit hat zum Theil ihre Ursache darin, dass die Unterkiefer in der Symphyse nur durch elastische Bänder verbunden und dass die Kiefer- und Gaumenknochen (mit Ausnahme des kleinen Zwischenkiefers) am Schädel beweglich angebracht sind. Ferner sind fast alle in Betracht kommenden Knochen, die Squamosa (*Sq*), Quadrata (*Q*) und Transversa (*Tr*), lang gestreckt und schlank. Ganz besonders aber wird die freie Beweg-

lichkeit des Kieferapparats gewährleistet für den Oberkiefer durch den gänzlichen Mangel des Jochbogens, für den Unterkiefer dadurch, dass sein Träger, das Quadratum, durch Einschalten des Squamosum vom Schädel weit abgerückt ist. Um den Bissen durch die Mundspalte in den Schlund und die Speiseröhre zurückzuschieben, sind die Knochen der Gaumenreihe mit hakenförmigen, sich in das Opfer einschlagenden Zähnen bewaffnet. Eine weite Ausdehnung des Darms endlich wird ermöglicht durch die Nachgiebigkeit seiner Wand und die grosse Beweglichkeit der ventral durch kein Sternum zusammengehaltenen Rippen.

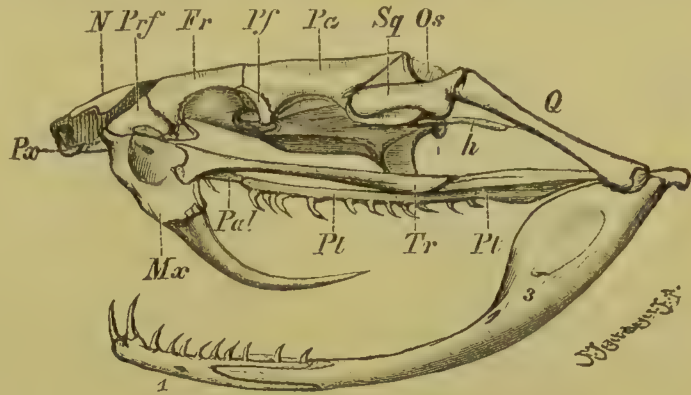


Fig. 521. Schädel der Grubenotter (aus Boas). *Px* Praemaxillare, *N* Nasale, *Prf* Praefrontale, *Fr* Frontale, *Pf* Postfrontale, *Pa* Parietale, *Sq* Squamosum, *Os* Supraoccipitale, *Q* Quadratum, *h* Hyomandibulare (Columella), *Pt* Pterygoid, *Tr* Transversum, *Pal* Palatinum, *Mx* Maxillare; *1* Dentale, *3* Articulare.

Die Bezahnung ist bei den nicht giftigen Schlangen eine gleichförmige auf Kiemen- und Gaumenknochen (Fig. 516, Vomer und meist auch Prämaxillare sind von der Bezahnung ausgeschlossen), bei den giftigen Arten (Fig. 521) dagegen treten im Oberkiefer die Giftzähne auf, die sich von den übrigen Zähnen durch ihre besondere Grösse und ihre Verbindung mit einer umfangreichen Giftdrüse unterscheiden. Der Ausführgang der Drüse mündet an der Basis des Zahns; das Gift, welches aus ihm beim Biss in Folge des durch die Kaumuskeln auf die Drüse ausgeübten Drucks hervorquillt, wird auf der vorderen Seite des Zahns entweder durch eine Rinne (Furchenzähne) bis zur Spitze fortgeleitet (Fig. 522 *A*) oder, wenn die Ränder der Rinne mit einander verwachsen (Fig. 522 *B*), durch einen an Basis und Spitze geöffneten Canal (Röhrenzähne). Bei Schlangen mit Furchenzähnen finden sich vor oder hinter denselben noch gewöhnliche Zähne; hat sich der Giftzahn dagegen zum Röhrenzahn vervollkommnet, so ist er der einzige functionirende Zahn des kleinen, ihm als Sockel dienenden Oberkiefers (Fig. 521), während eine Reihe an Grösse abnehmender Zähne, welche meist hinter ihm stehen, nur zum Ersatz bestimmt ist.

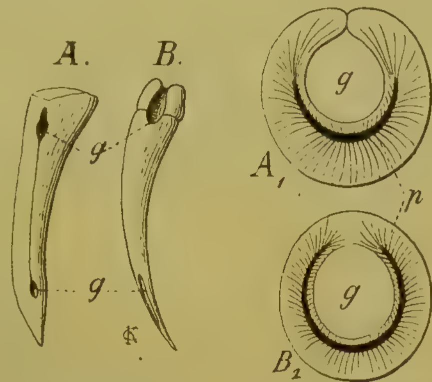


Fig. 522. Giftzähne. *A* Furchenzahn einer Brillenschlange, *B* Röhrenzahn einer Klapperschlange, A^1 B^1 die zugehörigen Querschnitte, *g* Giftcanal, *p* Pulpahöhle (nach Boas).

Aus der inneren Anatomie der Schlangen ist hervorzuheben, dass die linke Lunge rudimentär, die rechte ein langgestreckter Sack ist. Eine Harnblase fehlt; die Excrete, vorwiegend Harnsäure, gelangen als feste Massen in die Cloake und bilden einen Hauptbestandtheil der Schlangen-

excremente, da bei der ausserordentlichen, verdauenden Kraft des Schlangenmagens nur spärliche Fäcalien entleert werden.

I. Unterordnung. *Angiostomen.* Bei einer Reihe kleiner, in der Erde wühlender, blinder Schlangen, *Typhlopiden,* ist die Dehnbarkeit der Mundspalte noch nicht vorhanden, da die Thiere von kleinen Insecten leben. *Typhlops vermicularis* Men.

II. Unterordnung. *Innocuen* (*Colubriformien*). Die Mundspalte ist erweiterbar, der Biss aber noch nicht giftig, da Giftzähne ganz fehlen (*Aglyphodonten*) oder einige nicht giftige Furchenzähne am hintersten Ende des Oberkiefers (*Opisthoglyphen*) stehen. Die Thiere sind daher dem Menschen meist nicht gefährlich wie die *Colubriden,* Nattern: *Tropidonotus natrix* Boie, Ringelnatter, oder die *Dendrophiden,* die schlanken tropischen Baumschlangen: *Dendrophis picta* Schleg. Eine Ausnahme machen die durch Stummelreste hinterer Extremitäten ausgezeichneten Riesenschlangen oder *Pythoniden,* die durch ihre enorme Muskelkraft andere Thiere erwürgen. *Python reticulatus* Gray, 6—9 Meter lang, *Boa constrictor* L., 6 Meter lang.



Fig. 523. Kopf der Kreuzotter (n. Blanchard).

III. Unterordnung. *Proteroglyphen.* Der Biss ist giftig, da Furchenzähne vorhanden sind, welche im vorderen Abschnitt des Oberkiefers an der Mündung der Giftdrüse stehen. Zu den landbewohnenden *Elapiden* gehören *Naja haje* Merr., die Cleopatraschlange, und *N. tripudians* Merr., Brillenschlange mit einer Zeichnung von der Form eines Pince-nez's auf dem Nacken. Ausschliessliche Wasserbewohner mit ruderartig abgeplattetem Schwanz sind die *Hydrophiden: Pelamys bicolor* Daud.

IV. Unterordnung. *Solenoglyphen.* Die giftigsten Schlangen haben nur e i n e n functionirenden Röhrenzahn im kleinen Oberkiefer (Fig. 521). *Viperiden,* Ottern: *Pelias berus* Merr., Kreuzotter (Fig. 523). *Crotaliden,* Grubenottern: *Crotalus durissus* Daud. von einer Anzahl raschelnder Hornanhänge am Schwanzende Klapperschlange genannt.

II. Unterclasse.

Hydrosaurier.

Die mit Vorliebe das Wasser aufsuchenden oder ausschliesslich daselbst lebenden Crocodile und Schildkröten werden unter dem Namen „Hydrosaurier“ vereint, weil sie in vielen wichtigen anatomischen Merkmalen übereinstimmen. Sie besitzen eine l ä n g s o v a l e C l o a k e n s p a l t e, an deren vorderem Ende ein unpaarer, erectiler, zur Begattung dienender Höcker liegt. Der H a u t p a n z e r ist von ganz aussergewöhnlicher Festigkeit und sowohl von Knochenplatten wie von dicken Hornschildern gebildet. Auch der Schädel hat einen massiven Charakter, da die Knochen zu breiten Lamellen geworden und fest zusammengefügt sind, was besonders für das vollkommen unbewegliche Quadratbein gilt. (Fig. 524). Weitere gemeinsame Merkmale des Schädels sind endlich der Jochbogen und der harte Gaumen, letzterer eine knöcherne Scheidewand, durch welche von der primitiven Mundhöhle eine die Nasenhöhle vergrössernde obere Etage abgetrennt wird. Die Scheidewand entsteht, indem die Praemaxillaria und Maxillaria

von links und rechts horizontale, in der Mittellinie zusammenstossende Fortsätze (Gaumenfortsätze) aussenden. Bei den Schildkröten ist zwischen die Maxillaria der Vomer in das Gaumendach eingefügt. Bei den Crocodilen wird die Scheidewand durch Fortsätze der Palatina und Pterygoidea nach rückwärts verlängert, so dass die Choanen weit hinten an der Schädelbasis münden.

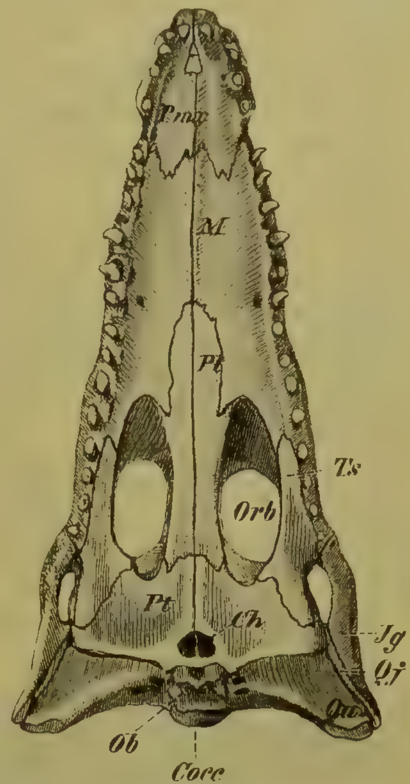


Fig. 524. Schädel eines Crocodils von unten gesehen. *Pmx* Praemaxillare, *M* Maxillare, *Pl* Palatinum, *Tr* Transversum, *Pt* Pterygoid, *Jg* Jugale, *Qj* Quadrato-jugale, *Qu* Quadratum. *Ob* Basioccipitale, *Cocc* Condylus occipitalis, *Orb* Orbita, *Ch* Choane (aus Wiedersheim).

III. Ordnung. Chelonier, Schildkröten.

Die Schildkröten bilden eine schon durch ihre äussere Erscheinung scharf umschriebene Gruppe, da ihr auffallend gedrungener Körper in eine feste Skeletkapsel (Fig. 525, 526) eingeschlossen ist, aus welcher nur der Kopf, der Schwanz und die 4 Extremitäten hervorschauen. Die Kapsel besteht aus einer dorsalen, stark gewölbten und einer flacheren, ventralen Platte, die meist seitlich fest verbunden sind und Carapax (*A*) und Plastron (*B*) heissen. Die Grundlage beider Platten sind Knochentafeln, die in Längsreihen hinter einander stehen. Am Carapax unterscheidet man 5 Längsreihen, die medianen unpaaren Neuralplatten (*N*), sogenannt, weil mit ihnen die Dornfortsätze verbunden sind, links und rechts die mit den Rippen verschmolzenen Costalplatten (*C*), zu äusserst die Marginalplatten (*M*). Am Plastron sind nur 2 Knochenreihen vorhanden, die gewöhnlich mit dem innern Skelet in keinem Zusammenhang stehen, da ein Sternum fehlt, die Extremitätengürtel aber nur selten mit dem Plastron verwachsen. Ueberzogen werden die Knochenreihen von Längsreihen von Hornschildern, deren Zahl und Anordnung im Allgemeinen mit der Zahl und Anordnung der Knochentafeln übereinstimmt, ohne dass jedoch die Grenzcontouren beider zusammenfielen. Am knöchernen Panzer gewahrt man vielmehr zweierlei Linien, die Nahtlinien der Knochentafeln und die-

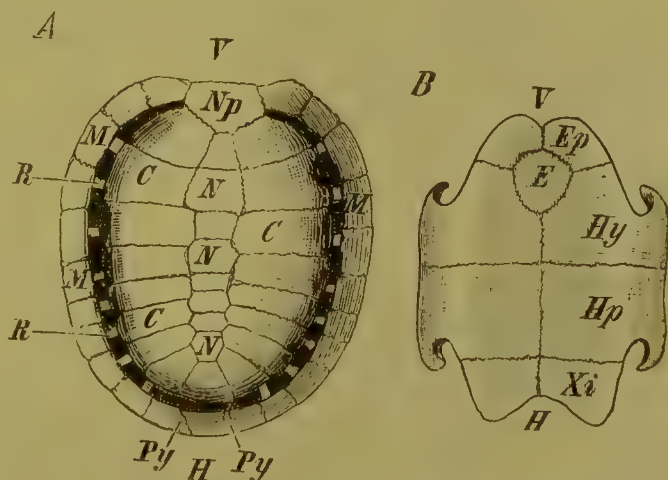


Fig. 525. Carapax (*A*) und Plastron (*B*) von Testudo graeca. *N* Neuralplatten, *C* Costalplatten, *M* Marginalplatten, *Np* Nuchalplatte, *Py* Pygalplatten, *Ep* Epiplastron, *E* Entoplastron, *Hy* Hyoplastron, *Hp* Hypoplastron. *Xi* Xiphoplastron, *R* Rippenansätze, *V* vorn, *H* hinten (aus Wiedersheim).

selben schneidend andere Linien, welche durch den Abdruck der Conturen der Hornplatten, „des Schildpatts", hervorgerufen sind. — Nächst der Panzerung ist für die Schildkröten am charakteristischsten die Rückbildung der Zähne; wie bei den Vögeln sind Oberkiefer und Unterkiefer von scharfen Hornscheiden umschlossen, welche bei manchen Formen selbst grösseren Wirbelthieren gefährlich werden können.

Nach der Beschaffenheit des Hautpanzers und der Extremitäten stehen sich zwei Extreme gegenüber, Land- und Seeschildkröten; erstere haben plumpe Füsse mit vorn 5, hinten 4 Krallen tragenden Zehen, letztere haben Ruderplatten, an denen meist die Krallen fehlen; erstere zeigen Carapax und Plastron zu einer hochgewölbten Kapsel vereint, in welche Kopf, Schwanz und Extremitäten zurückgezogen werden können: bei letzteren sind Carapax und Plastron getrennt, flach gewölbt und unzureichend, um Kopf und Beine zu bergen. Zwischen beiden Extremen vermitteln die Sumpfschildkröten, während die Flussschildkröten sehr primitive Formen zu sein scheinen.

I. Unterordnung. *Potamiten* oder *Trionyciden.* Die Flussschildkröten haben noch keine Hornscheiden an den Kiefern und anstatt des Schildpatts einen lederartigen Ueberzug des Carapax. Ihre Füsse sind Ruderplatten mit nur 3 Krallen. *Trionyx ferox* Schweigg.

II. Unterordnung. *Thalassiten*, Seeschildkröten. Knochenkapsel unvollkommen, zu flach, um Kopf, Schwanz und Beine zu bergen; Extremitäten sind Ruderplatten meist ganz ohne Krallen. *Chelone imbricata* D. B. liefert allein das technisch verwerthbare Schildpatt (Fig. 526). *Ch. esculenta* Merr. wegen der wohlschmeckenden Eier und des Fleisches geschätzt.

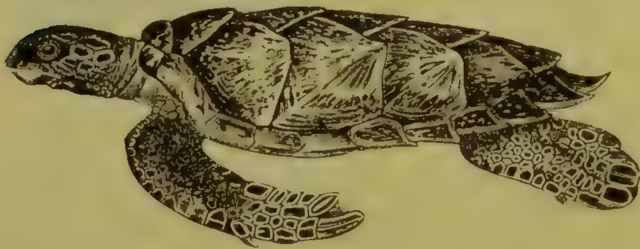


Fig. 526. Chelone imbricata (aus Hayek).

III. Ordnung. *Emyden*, Sumpfschildkröten. Zehen durch Schwimmhäute verbunden, Knochen- und Schildpattkapsel flach gewölbt. *Emys lutraria* (*europaea*) Bp.

IV. Ordnung. *Chersiten*, Landschildkröten mit plumpen Füssen, die sammt Kopf und Schwanz vollkommen in den hochgewölbten Panzer zurückgezogen werden können. *Testudo graeca* L.

IV. Ordnung. Crocodilier.

Die Crocodilier stehen vermöge ihres langgestreckten Körpers zu den gedrungenen Schildkröten in einem ausgesprochenen Gegensatz. Ihre Haut ist ebenfalls stellenweise von Knochentafeln fest gepanzert, welche aber nicht untereinander verschmelzen und von Hornschildern, die ihnen in der Abgrenzung entsprechen, überzogen werden. Ein mit Rippen verbundenes Sternum ist vorhanden; an dasselbe schliesst sich nach rückwärts ein mit Abdominalrippen verbundenes Abdominalsternum an. Die zu einer langen Schnauze ausgezogenen Kiefer tragen zahlreiche kegelförmige Zähne, welche im Gegensatz zu den übrigen Reptilien den Knochen nicht aufgewachsen, sondern in besonderen Alveolen ein-

gekeilt sind. — Ueber die Beschaffenheit des Gaumens (Fig. 524) und des Herzens (Fig. 518) wurde schon oben das Nöthige gesagt. —

Die Crocodile bewegen sich langsam auf dem Land, sind dagegen vermöge ihrer durch Schwimmhäute verbundenen Zehen vortreffliche Schwimmer. Die drei recenten Familien *Crocodiliden* (*Crocodilus vulgaris* Cuv., *Alligatoriden* (*Alligator lucius* Cuv.) und *Gavialiden* (*Gavialis gangeticus* Geoffr.) bilden nur ein Ueberbleibsel einer in früheren Perioden der Erdgeschichte formenreichen Gruppe.

Anhang.

Eine wesentliche Bereicherung hat die Kenntniss der Reptilien durch paläontologische Funde erfahren, welche uns zum Theil mit ganz neuen, nicht mehr existirenden Ordnungen, zum Theil mit Bindegliedern zwischen den recenten Ordnungen bekannt gemacht haben. Den gemeinsamen Ausgangsformen der Reptilien stehen die zum Theil noch paläozoischen, vorwiegend aber mesozoischen *Rhynchocephaliden* nahe, von denen eine Art, die neuseeländische, eidechsenartige *Hatteria punctata* Gray — ausgezeichnet durch Eidechsengestalt, Crocodil-ähnliches Bauchsternum und unbewegliches Quadratum — sich bis in die Neuzeit erhalten hat. Mittelformen zwischen *Sauriern* und *Ophidiern* sollen die auf die Kreide beschränkten *Pythonomorphen* sein. Den Sauriern schliessen sich ferner noch an die in Jura und Kreide häufigen *Pterosaurier* oder *Flugsaurier* (*Pterodactylus elegans* Wgn.), welche an die Vögel durch ihr Flugvermögen, die pneumatische Beschaffenheit der Knochen und die Gestalt ihres Schädels erinnerten, sich aber von ihnen dadurch sehr wesentlich unterschieden, dass sie keine Federn hatten und nach Art der Fledermäuse mit einer Flughaut flogen, welche sich zwischen dem Rumpf und den vorderen und hinteren Extremitäten ausdehnte und durch den enorm langen, äussersten Finger der Hand gespannt wurde.

Durch schnauzenartig ausgezogene Kiefer, in denen die Zähne in Alveolen oder Rinnen eingekeilt waren, feste Verbindung des Quadratbeins mit dem Schädel, massiven Charakter der Schädelknochen erinnerten die häufig riesigen *Plesiosaurier* und *Ichthyosaurier* an die Crocodile; beide in Trias, Lias und Jura besonders ausgebildeten Gruppen bestanden aus räuberischen Meeresbewohnern mit flossenartig gestalteten Extremitäten; die Plesiosaurier waren schlank mit langer Halswirbelsäule, die Ichthyosaurier von gedrungener Körperform. (*Plesiosaurus macrocephalus* Owen, *Ichthyosaurus communis* Conyb.) Einen besonders massiven Charakter endlich erreichte das Reptilienskelet bei den theils paläozoischen, theils mesozoischen *Theromorphen* und den ausschliesslich mesozoischen *Dinosauriern*. In beiden Gruppen war die Zahl der Sacralwirbel gewöhnlich auf 3—6 vermehrt. Die Dinosaurier waren die riesigsten Landthiere, welche je gelebt haben; manche von ihnen waren 12—30 m lang und 4—6 m hoch (*Brontosaurus excelsus* Marsh, *Triceratops flabellatus* Marsh, *Iguanodon Bernissartensis* Boul.); gewisse Dinosaurier (*Theropoden*, *Ornithopoden*) gelten vielfach für Vorläufer der Vögel nicht nur wegen der Pneumaticität der Knochen, sondern auch wegen des nach rückwärts gerichteten, dem Os ischii parallelen O. pubis und der beginnenden Verschmelzung der Tarsalia mit der Tibia und den Metatarsen (Intertarsalgelenk von *Compsognathus longipes* O. Wagn.).

VI. Classe.

Aves, Vögel.

Die Vögel stehen den Reptilien besonders im Bau ihres Skelets so nahe und sind mit ihnen durch so manche ausgestorbene Zwischenformen verbunden, dass von vielen Seiten eine Vereinigung beider Classen unter dem Namen „*Sauropsiden*" befürwortet worden ist. Bei aller Anerkennung dieser nahen Verwandtschaft müssen wir jedoch daran festhalten, dass die Classe vermöge der eigenthümlichen Ausbildung ihrer Flugorgane und der Befiederung der Haut einen scharf umschriebenen, einheitlichen Charakter gewonnen hat, welcher eine gesonderte Behandlung nöthig macht.

Integument. Die Haut der Vögel ist an manchen Stellen, wie z. B. am unteren Abschnitt der hinteren Extremitäten, noch nach Art der Reptilien mit Hornschuppen und Schildern, an den Spitzen der Zehen auch mit Krallen bewehrt; an den meisten Stellen der Körperoberfläche ist sie aber zart und dünn, da die Lederhaut und das Stratum corneum schwach entwickelt sind. Periodische Häutungen finden nicht mehr statt, weil der Mangel des festen Zellhäutchens, der Pseudocuticula, eine allmählige Abschilferung der oberflächlichsten Hornzellen gestattet. Diese Beschaffenheit der Haut steht in Zusammenhang mit dem Auftreten des schützenden Federkleids.

Federn. Die Vogelfeder ist wie das Haar der Säugethiere ein ausschliessliches Horngebilde, nur von viel complicirterem Bau. Die Hornsubstanz bildet eine feste Axe, den Federkiel oder Scapus, von welchem links und rechts seitliche Fortsätze, die Aeste oder Rami, ausgehen. Der Federkiel ist solid, soweit er die Aeste trägt (Rhachis oder Schaft), am unteren Abschnitt dagegen ist er hohl (Calamus oder Spule). Der Calamus ist tief in die Lederhaut eingelassen, in den Federbalg, und mit Muskelchen versehen, die die Bewegungen der Feder (Sträuben des Gefieders, Ausbreiten der Schwung- und Steuerfedern an Flügel und Schwanz) veranlassen. Sein Hohlraum ist bei vielen ausgebildeten Federn bis auf trockene Gewebsüberreste (die „Federseele") leer; bei jungen noch wachsenden Federn ist er ausgefüllt von einem blutgefässreichen Bindegewebe, der Federpapille, welches zum Zwecke der Ernährung von der Lederhaut aus in das basale Ende des Scapus eindringt. Man kann daher die Feder auffassen als einen complicirt gebauten, langen Hornauswuchs der Haut, welcher auf einer Papille der Lederhaut sich entwickelt hat und von der Oberfläche aus eine Strecke weit in die Lederhaut eingesenkt worden ist, eine Auffassung, die vollkommen der Entwicklung der Federn entspricht und die Gleichartigkeit derselben mit den Schuppen und den später zu besprechenden Haaren darthut. — Bei manchen Vögeln (*Casuar*) kommen aus demselben Federbalg zwei gleich gut entwickelte Federn. Rückbildung der einen macht es verständlich, dass bei vielen Vögeln das Rudiment einer zweiten Feder, der Afterschaft oder die Hyporhachis, der Federaxe von unten angefügt ist.

Bei den Contourfedern (Pennae) schliessen die Aeste (Rami) grösstentheils zur Federfahne (Vexillum) dicht zusammen: sie liegen links und rechts vom Schaft einander genau parallel und wiederholen — ein jeder einzelne für sich — im Kleinen das Bild, welches die gesammte Feder im

Grossen ergiebt; wie diese mit den Aesten, sind die Aeste in fiederiger Anordnung links und rechts mit den Radien ausgerüstet. Die Radien bedingen den festen Zusammenschluss des Vexillum, da bei der grossen Nähe benachbarter Aeste die zugewandten Radien derselben sich in ihrem Verlauf kreuzen und decken; dabei greifen die hinteren mit gebogenen Zähnchen (Radioli) oder Häkchen von oben zwischen die vorderen ein. — Von den Contourfedern unterscheiden sich die Dunen (Plumae) durch den Mangel der Radioli und die lockere Anordnung der Aeste. — Da die Federn aus Hornsubstanz bestehen, deren Zellen fest zusammenhalten und sich nur bei den Puderdunen allmählig abschilfern, unterliegen sie denselben Bedingungen wie das Schuppenkleid der Reptilien; alljährlich müssen die Federn im Zusammenhang abgeworfen und durch neu entstehende ersetzt werden (Mauser).

Junge Vögel oder Vogelembryonen besitzen zunächst nur Dunen; erst später entstehen die Contourfedern in regelmässiger Anordnung in den Federfluren oder Pterylen, zwischen denen die Raine oder Apterien übrig bleiben, in welchen keine Contourfedern auftreten (Fig. 527). Die meisten Contourfedern bilden, indem sie sich dachziegelartig über einander legen, die feste Decke des Gefieders, unter welcher die Dunen als ein wärmendes Futter liegen (Fig. 528). Ausser diesen Deckfedern oder



Fig. 527.

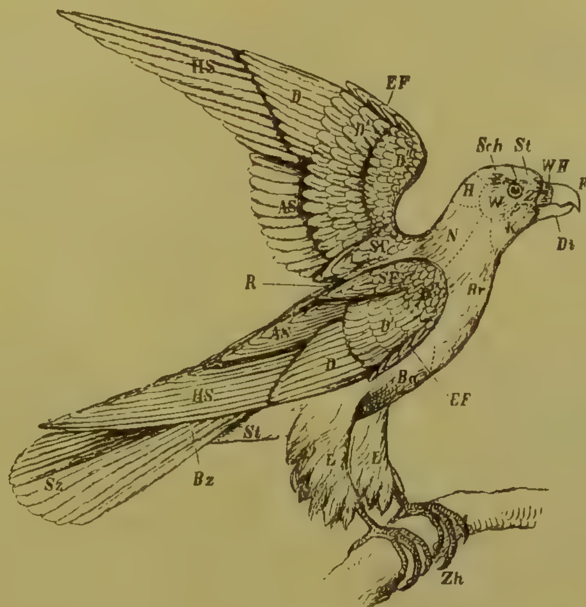


Fig. 528.

Fig. 527. Federfluren und Raine einer jungen Taube vom Rücken (aus Leunis-Ludwig).

Fig. 528. Das Gefieder von Falco laniarius (aus Schmarda). *HS* Handschwingen, *AS* Armschwingen, *EF* Eckflügel (Alula), *SF* Schulterfittich (Parapterum), *D*, *D'*, *D''*, Deckfedern, *Sz* Steuerfedern (Rectrices), *Bz* Bürzel, *St* Steiss, *L* Lauf, *Zh* Zehen, *N* Nacken, *Br* Brust, *Ba* Bauch, *K* Kehle, *W* Wange, *H* Hinterhaupt, *Sch* Scheitel, *St* Stirn, *WH* Wachshaut mit Nasenlöchern, *F* Firste des Oberschnabels, *Di* Dillenkante des Unterschnabels,

Tectrices (*D D*) unterscheidet man noch die grossen zum Flug dienenden Contourfedern des Flügels, die Remiges oder Schwungfedern, und die den Flug steuernden Schwanzfedern, Rectrices oder Steuerfedern (*Sz*). Die grossen Schwungfedern bilden die Grundlage des Flügels und entspringen von dem der Hand correspondirenden Abschnitt der vorderen Extremität (Carpus, Metacarpus, Phalangen) — Handschwingen (*HS*) — und

vom Unterarm — Armschwingen (*AS*). — Sie sind an ihrer Basis von Deckfedern (*D D' D''*) und den vom Oberarm entspringenden Contourfedern, dem Parapterum oder Schulterfittich (*SF*) zugedeckt. Ein kleiner Schopf von Federn, welcher am ersten Finger ansitzt, hält sich von den Handschwingen getrennt als Eckflügel (*EF*) oder Alula. Alle Federn erhalten besonders bei Wasservögeln eine grosse Geschmeidigkeit, indem sie mit dem öligen Secret einer besonderen, am Grund des Schwanzes über dem Steissbein liegenden paarigen Drüse, der Bürzeldrüse, eingeölt werden.

Indem die Federn nicht nur Schutzorgane sind, sondern auch gewöhnlich den Vogel zu andauerndem Flug befähigen, vermitteln sie eine ganz besondere Lebensweise, unter deren Einfluss fast sämmtliche übrigen Organe stehen. Mit dem Flugvermögen ist die Beschaffenheit des Skelets, der Athmungsorgane, ja zum Theil selbst der Sinnesorgane und des Hirns in Zusammenhang zu bringen.

Extremitäten.

Da die Federn der Flügel ähnlich den Flossen ein einheitlich wirkendes Ruder darstellen, vereinfacht sich das Skelet der vorderen Extremität (Fig. 529): 1. durch Rückbildung der Finger, von denen nur drei mit äusserst reducirter Phalangenzahl (*p*, *p'*, *p''*) übrig bleiben, 2. durch Verschmelzung der zugehörigen Metacarpen (*m*) unter einander und mit den anschliessenden Handwurzelknochen. Dagegen wird, um die nöthige Energie der Bewegungen und die möglichst vollkommene Uebertragung derselben auf den Körper herbeizuführen, die Befestigung an die Skeletaxe erhöht durch besondere Ausbildung aller hierbei in Betracht kommenden Theile. Im Schultergürtel (Fig. 530) sind alle drei Stücke von grosser Festigkeit, eine säbelförmige Scapula (*s*), ein säulenförmiges Coracoid (*c*) und endlich eine Clavicula, welche gewöhnlich mit der der anderen Seite am sternalen Ende verschmilzt und den für die meisten Vögel so charakteristischen Gabelknochen, die Furcula (*f*), liefert. Clavicula und Coracoid verbinden sich mittelst Bänder oder direct mit dem breiten Sternum (*st*), dessen Vorderfläche sich zu einem longitudinalen Knochenkamme, der Crista sterni (*crs*), erhebt, um den Flugmuskeln, namentlich dem grossen Brustmuskel möglichst viel Ursprungspunkte zu liefern. Je entwickelter das Flugvermögen, desto ansehnlicher ist daher das Sternum, vor Allem die Crista sterni. Schliesslich ist der die Verbindung mit der Wirbelsäule abschliessende Brustkorb ebenfalls von besonderer Festigkeit. Die Brustrippen, welche aus 2 Stücken, einem sternalen (*os*) und einem vertebralen (*co*), bestehen, stützen sich auf einander, indem die vorderen einen vom vertebralen Stück ausgehenden Fortsatz, den Processus uncinatus (*u*), über die hinteren hinüber schieben.

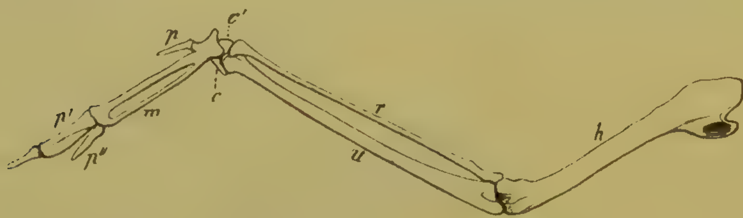


Fig. 529. Flügelskelet des Storches nach Gegenbaur). *h* Humerus, *r* Radius, *u* Ulna, *c c'* Carpalia der ersten Reihe, *m* verschmolzene Carpalia der zweiten Reihe und Metacarpen, *p*, *p'*, *p''*, Phalangen der 3 ersten Finger.

Da die vorderen Extremitäten nur noch zum Fliegen dienen, fällt das Tragen der Körperlast beim Gehen ausschliesslich den hinteren

Extremitäten zu. Dadurch werden abermals zwei auffällige Charaktere des Vogelskelets veranlasst, die breite Verbindung des Beckens mit der Wirbelsäule und die Bildung des Intertarsalgelenks. Das Darmbein (*il*) steht bei den Embryonen der Vögel mit den zwei schon bei den Reptilien vorhandenen Sacralwirbeln in Verbindung, dehnt sich aber dann nach vorn in die Lenden-, selbst in die Brustregion, nach hinten in die Caudalregion aus, mit immer neuen Wirbeln verwachsend, so dass insgesammt 9—22 Wirbel in die Verbindung eintreten können; linke und rechte Darmbeine treffen weiter dorsal von der Wirbelsäule noch zusammen. Diese ausgedehnte Verwachsung des Beckens mit dem Axenskelet wird verständlich, wenn wir bedenken, dass die Wirbelsäule der Vögel, trotzdem sie beim Gehen ausschliesslich auf den hinteren Extremitäten ruht, nicht wie beim Menschen zur senkrechten Haltung aufgerichtet wird, sondern stets zum Boden geneigt bleibt; sie trägt sich daher nicht in sich, sondern kann nur durch starke Befestigung an dem Extremitätengürtel ihre Stellung beibehalten. Die unteren Theile des Beckens, Scham- und Sitzbein (*p* und *is*), sind dadurch ausgezeichnet, dass beide von der Gelenkpfanne aus rückwärts und einander parallel stehen, und dass linke und rechte Stücke nur ausnahmsweise (*Strauss*) ventral in einer Symphyse verwachsen.

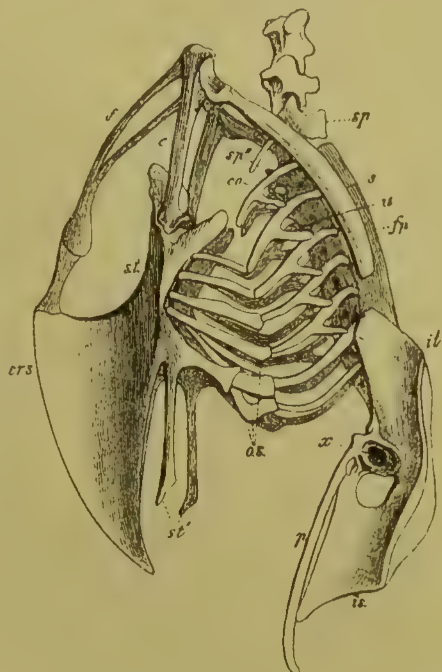


Fig. 530. Brustkorb, Schultergürtel und Becken vom Storch (nach Gegenbaur). *st* Brustbein, *st'* Abdominalfortsätze desselben, *crs* Crista Sterni, *f* Furcula (verschmolzene Schlüsselbeine), *c* Coracoid, *s* Scapula, *os* sternale, *co* vertebrale Theile der Rippen, *u* Processus uncinati der vertebralen Theile, *sp* Dornfortsatz des ersten Brustwirbels, *fp'* verschmolzene Dornfortsätze der übrigen Brustwirbel, *il* Darmbein, *is* Sitzbein, *p* Schambein, *x* Hüftgelenk.

Das Intertarsalgelenk der Vögel ist eine — allerdings systematisch die wichtigste — Theilerscheinung der Umbildung, welche das Skelet der freien Extremität unter dem Einfluss seiner starken Belastung erfährt. Wie in ähnlichen Fällen (vergl. Ungulaten) begünstigt es der Druck der Körperlast, dass der einheitliche Charakter, welcher dem Skelet des Oberschenkels zukommt, sich auch auf Unterschenkel und Fuss überträgt und dass die in diesen Abschnitten herrschende Vielzahl der Knochen durch einen einzigen, den Druck einheitlich fortleitenden Knochen ersetzt wird. (Fig. 531). Daher bildet sich die im Embryo (*B*) vorhandene Fibula bis auf unbedeutende Reste zurück; es verschmelzen die im Embryo (*B*) getrennten Metatarsen unter einander zum Laufknochen (*A*, *c*), der so viel Gelenkflächen hat, als er Zehen trägt (d—d^3); endlich verschwinden die Tarsalien und zwar ebenfalls durch Verschmelzung mit benachbarten Skelettheilen. Da schon bei den Reptilien (Fig. 531 *C*) ein Theil der Tarsalien (*ts*) bei der Bewegung dem Unterschenkel, ein anderer Theil (*ti*) dem Fuss folgt, vollzieht sich die Verschmelzung bei den von den Reptilien abstammenden Vögeln in der Weise, dass von den beiden embryonalen Tarsalstücken

das eine (*B*, *ts*) mit der Tibia zum Tibiotarsus, das andere (*ti*) mit dem Laufknochen zum Tarsometatarsus verwächst.

Schädel und Wirbelsäule.

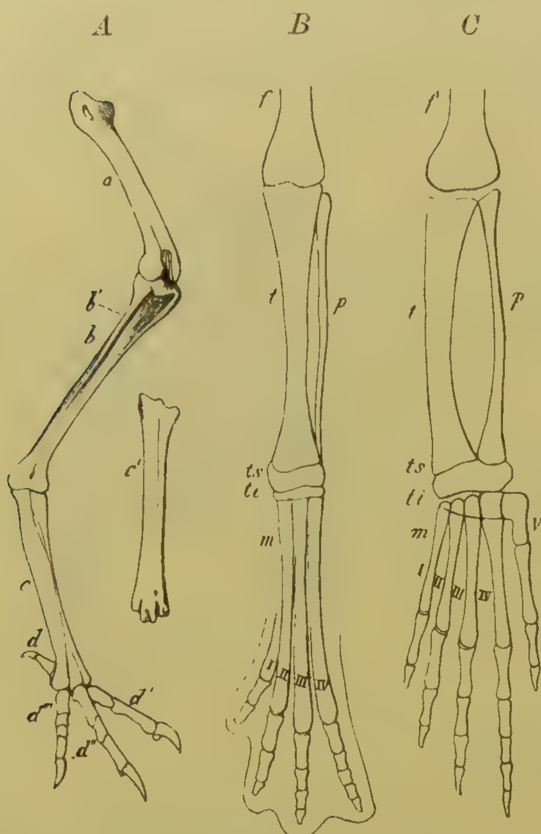


Fig. 531. *A* Hintere Extremität von Buteo vulgaris; *a* Femur, *b* Tibiotarsus *b'* Rest der Fibula, *c* Tarsometatarsus, *d d' d'' d'''* die Zehen, *c'* besondere Darstellung des Tarso—metatarsus. *B* u. *C* Unterschenkel und Fuss eines Vogelembryo (*B*) und einer Eidechse (*C*), um die Entstehung des Intertarsalgelenks zu erklären: *f* Femur, *t* Tibia, *p* Fibula, *ts* Tarsale der ersten Reihe (Talus). *ti* Tarsalia der zweiten Reihe, *m* Metatarsus, *I—V* die einzelnen Stücke derselben (aus Gegenbaur).

Rücksichtlich der Wirbelsäule ist noch nachzutragen, dass die Wirbel mit einander sogenannte Sattelgelenke bilden, dass hinter dem Becken nur wenige Caudalwirbel übrig bleiben, welche theilweise zu dem die Steuerfedern tragenden Pygostyl verschmelzen, dass sich entsprechend der gut entwickelten Halsregion viele Halswirbel (darunter Atlas und Epistropheus) finden, an denen Rippen zu fehlen scheinen, weil sie mit den Wirbeln verschmolzen sind. — Der Schädel ähnelt sehr dem Eidechsenschädel in der Anwesenheit eines unpaaren Condylus occipitalis, in der beweglichen Anfügung des Quadratum an die Schädelkapsel und der Umbildung des Hyomandibulare zu einem schlanken Hörknochen (Columella). Dagegen fehlt das Transversum; die Schädelkapsel ist dem Wachsthum des Hirnes folgend geräumiger geworden, vollkommener durch frühzeitig verschmelzende Knochen abgeschlossen und durch Verlagerung des Gelenkhöckers auf die untere Seite fast rechtwinkelig zur Axe der Wirbelsäule gestellt. Zähne fehlen bei den lebenden Vögeln, finden sich aber bei den fossilen *Odontornithes* und *Saururen*; für den Zahnmangel sind Ober- und Unterkiefer durch harte, schneidende Hornscheiden entschädigt. Die Hornscheide des Oberkiefers verlängert sich auf der Aussenseite in einen weichen Hornüberzug, die Wachshaut oder das Ceroma (Fig. 528 *WH*).

Pneumaticität.

Ein wichtiger Gesammtcharakter des Vogelskelets ist die pneumatische Beschaffenheit desselben. An Stelle von Knochenmark und Knochengewebe füllen Lufträume das Innere der Knochen mehr oder minder aus; bei den gut fliegenden Formen wie dem *Albatross* sind sämmtliche Knochen mit Ausnahme der Scapula, des Jochbeins und der Phalangen, bei den gar nicht fliegenden *Straussen* wenigstens einige Schädelknochen pneumatisch. Der Zweck der Einrichtung ist jedenfalls ein doppelter: 1. vor Allem soll das Skelet, indem die axialen, zum Tragen und Stützen unwichtigen Theile durch Luft ersetzt werden, grösstmögliche Leichtigkeit und Festigkeit mit einander verbinden; 2. soll der Körper zur Ersparniss der an-

strengenden Athembewegungen beim Flug reichlich mit Luft versorgt werden. Letzterer Zweck wird noch viel vollkommener durch die grossen Luftsäcke des Körpers erreicht, welche meist zu drei Paaren am Hals und in der Leibeshöhle angebracht sind. Die Lufträume der Knochen stehen zum kleineren Theil mit Nase und Gehörgang, zum grösseren Theil mit den genannten Luftsäcken in Verbindung; letztere wiederum sind Ausstülpungen der beiden schwammigen Lungen, die links nnd rechts von der Wirbelsäule herabziehen.

Ausser Lungen und Luftsäcken besteht der Athemapparat der Vögel aus einer langen Trachea und zwei kurzen Bronchien nebst oberem und unterem Kehlkopf. Der obere Kehlkopf, der dem Kehlkopf der übrigen Wirbelthiere allein vergleichbar ist und daher Larynx heisst, wird bei den Vögeln zur Stimmbildung nicht benutzt; letztere hat ihren Sitz im unteren, nur den Vögeln zukommenden Kehlkopf, dem Syrinx, welcher an der Gabelung der Trachea in die beiden Bronchien liegt und bald nur von ersterer, bald nur von letzteren, gewöhnlich aber von allen drei Theilen gemeinsam gebildet wird. Die Stimmbänder werden von Muskeln gespannt, welche bei Singvögeln eine besonders complicirte Anordnung haben. Eingeweide.

Das Herz der Vögel, aus dem Reptilienherzen durch vollkommene Sonderung des Lungen- und Körperkreislaufs hervorgegangen, hat die Pulmonalis und den rechten arteriellen Aortenbogen der Reptilien beibehalten, dagegen den linken Aortenbogen verloren und unterscheidet sich dadurch wesentlich vom Herzen der Säugethiere. Im Uebrigen ist linke und rechte Kammer nicht nur innerlich durch eine Scheidewand, sondern auch äusserlich durch eine Einkerbung getrennt. Am Darm (Fig. 57) fällt die Anwesenheit eines Kropfes (*b*), drüsigen Vormagens (*c*) und eines muskulösen Kaumagens (*d*), sowie zweier langer Blindschläuche am Uebergang von Dünn- und Dickdarm (*k*) auf. Leber (*e*) mit Gallenblase (*f*), Pankreas (*g*) und Milz sind vorhanden. In den Enddarm (Cloake) münden von hinten ein Blindsack, die Bursa Fabricii, die paarigen Ureteren (*m*) und die Geschlechtswege (*n*). Letztere zeigen im weiblichen Geschlecht das Eigenthümliche, dass der rechte Oviduct sammt dem zugehörigen Ovar rückgebildet wird, während die entsprechenden linken Theile sich um so kräftiger entwickeln.

Da bei den Vögeln eine Begattung stattfindet, werden die grossen dotterreichen Eier (das „Gelbei" des „Vogeleies") schon in den Eileitern befruchtet. (Fig. 96.) Indem sie langsam die letzteren passiren, werden sie durch Drüsen der ausgeweiteten Eileiterwand mit Umhüllungen versehen, und zwar mit einer dicken Lage von Eiweiss (*w*) und mit der Schalenhaut (*ism* und *sm*), welche aus zwei auf einander schliessenden und nur am abgerundeten Eipol durch die Luftkammer (*ach*) getrennten Blättern besteht. Dazu kommt schliesslich im Uterus noch die den Abschluss bildende Kalkschale (*s*). Während der Wanderung durch die Ausführwege spielen sich die ersten Entwicklungsvorgänge, Furchung und Gastrulation, ab, welche bei der Eiablage in Stillstand gerathen und erst wieder von Neuem beginnen, wenn die Eier der zur Entwicklung nöthigen Wärme, meist durch Bebrütung, ausgesetzt werden.

Die Sorge für die junge Brut, das mit der Begattung im Zusammenhang stehende Geschlechtsleben und die durch das Flugvermögen bedingte complicirtere Lebensweise haben bei den Vögeln zu einer den Reptilien weit überlegenen Intelligenz ge- Hirn- und Sinnesorgane.

führt, die in der besseren Ausbildung des Hirnes und der Sinnesorgane ihren Ausdruck findet. Am Hirn (Fig. 532) ist das Kleinhirn (*HH*) als das Centralorgan für die Coordination, das harmonische Ineinandergreifen der Körperbewegungen, in seinem medianen Abschnitt („Wurm") ganz auffallend stark ausgebildet. Entsprechend gross sind auch die Grosshirnhemisphären (*VH*), deren Stirnlappen den Lobus olfactorius (*Lol*), deren Schläfenlappen ausser dem Zwischenhirn auch das Mittelhirn zu bedecken beginnen. Dem complicirten Stimmapparat entspricht ein ausgezeichnetes Gehör, weil am Labyrinth die Schnecke eine bedeutende Vergrösserung erfahren hat und weil der schallleitende Apparat (Trommelhöhle, Ohrtrompete, Columella und Trommelfell) vorzüglich ausgebildet ist; auch die ersten Andeutungen eines äusseren Gehörganges durch Versenken des Trommelfells in die Tiefe sind schon gegeben. Um den durch das Flugvermögen bedingten weiten Entfernungen gewachsen zu sein, ist die Sehschärfe der meisten Vögel eine ganz aussergewöhnliche und das Auge (Fig. 533) im Allgemeinen für die Ferne eingestellt. Eine Eigenthümlichkeit des Vogelauges ist der Kamm oder Pecten (*P*), eine mit kammzinkenartigen Falten bedeckte Wucherung der Chorioidea in den Glaskörper hinein; eine weitere Eigenthümlichkeit wird gebildet von einem Knochenring, welcher im vorderen Abschnitt des Auges die Sclera (*Sc*) stützt.



Fig. 532. Hirn der Taube (aus Wiedersheim). *I* Riechnerv, *Lol* Lobus olfactorius, *VH* Vorderhirn, *Z* Zirbeldrüse, *MH* Mittelhirn, *HH* Kleinhirn, (Wurm), *HH*¹ Kleinhirnhemisphären, *NH* Nachhirn, *R* Rückenmark.

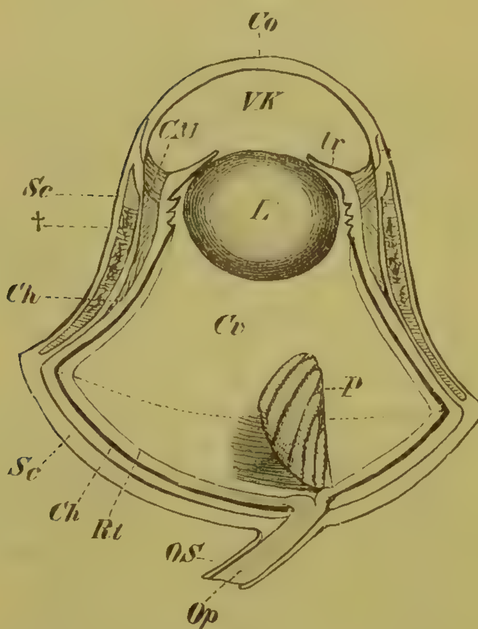


Fig. 533. Auge einer Eule (aus Wiedersheim). *Co* Cornea, *VK* vordere Augenkammer, *Cm* Ciliarmuskel, *Ir* Iris, *Sc* Sclera, † Scleralknochen, *L* Linse. *Ch* Choriodea, *Cv* Glaskörper, *P* Pecten, *Rt* Retina, *Op* Opticus, *Os* Scheide desselben.

Fortpflanzung.

Warum die geschlechtlichen Vorgänge und die Brutpflege für die Intelligenzentwicklung eine so wichtige Rolle spielen, lehrt ein genaueres Eingehen auf die einschlägigen Verhältnisse. Bei den Vögeln herrscht ein lebhafter Wettbewerb um die Weibchen, besonders bei den polygamen Arten. Zur Zeit der Fortpflanzung suchen die Männchen die Gunst der Weibchen zu gewinnen, sei es durch auffallende Bewegungen (Balzen des Auerhahns), sei es durch Gesang (Singvögel), sei es endlich durch Pracht des Gefieders (Paradiesvögel). (Fig. 15 *a*). Alle diese Eigenthümlichkeiten sind daher auf das männliche Geschlecht beschränkt und führen meist zu einem auffallenden Dimorphismus von Männchen und Weibchen. (Fig. 15). Die Unterschiede der Befiederung steigern sich gewöhnlich beim Eintritt der Geschlechtsthätigkeit, indem das Männchen das brillanter gefärbte Hochzeitskleid erhält. Man spricht dann von einer Frühjahrsmauser, obwohl nur eine Verfärbung, nicht,

wie man früher annahm, eine Erneuerung des Gefieders vorliegt. Nur die Rückkehr zum Alltagskleid wird durch einen Wechsel der Federn, durch die allen Vögeln nach Beendigung der Fortpflanzung zukommende Herbstmauser, bewirkt.

Wenn im Allgemeinen beim Weibchen die Färbungen des Gefieders schlicht und unscheinbar sind, so hat das seinen besonderen Grund noch in der vom Weibchen ausgeübten Brutpflege, während deren die Thiere durch unauffällige Färbung vor Störungen durch Feinde möglichst geschützt sein müssen. Nur selten wird die Erwärmung, welche die abgelegten Eier zur Weiterentwicklung bedürfen, äusseren Einflüssen überlassen, den Sonnenstrahlen, welche den Sand, in dem die Eier vergraben sind, erwärmen, oder der Temperatursteigerung, welche in faulenden Misthaufen durch Gährung entsteht (Scharrhühner). Regel ist die Bebrütung der Eier durch das Weibchen. Beide Geschlechter bauen gemeinsam das Nest, das bei den Webervögeln mit besonderer Kunstfertigkeit — ab und zu bei socialen Formen unter einem gemeinsam erbauten Dach — errichtet wird. Wenn genügend Eier beisammen sind, bebrütet das Weibchen, seltener auch das Männchen, dieselben, zu welchem Zweck sich oft durch Ausfallen der Federn nackte, zur Erwärmung geeignete Hautstellen, die Brutflecken, ausbilden. Beim Verlassen der Eischalen sind viele Vögel, wie Hühner und Enten, so weit entwickelt, dass sie frei herumlaufen und unter Leitung der Mutter sich ihr Futter selbst suchen können. Man nennt dieselben Nestflüchter (Autophagen) im Gegensatz zu den Nesthockern (Insessores), welche fast nackt mit unvollkommenem Federkleid aus dem Ei auskriechen und daher auf die Wärme des Nestes, auf Schutz und Fütterung durch die Eltern angewiesen sind.

Von grossem Interesse in den Lebensverhältnissen der Vögel sind schliesslich ihre periodischen Wanderungen. Man unterscheidet Standvögel, welche dauernd auf die engste Umgebung sich beschränken, Strichvögel, welche, um sich zu ernähren, ausgedehnte Beutezüge unternehmen, Wander- oder Zugvögel, welche beim Herannahen des Winters in Schaaren meist auf bestimmten Zugstrassen weite Wanderungen nach Süden antreten und ein wärmeres Klima aufsuchen. Die bei uns einheimischen Arten ziehen dann nach den Mittelmeerländern, vielfach sogar in das Innere von Afrika, dafür können ihren Platz bei uns nordische Formen einnehmen. Auch zu diesen Massenwanderungen ist die Nahrungssuche Veranlassung. Die Vögel können sich dem während des Winters herrschenden Mangel an Nahrung (namentlich an Insecten und Früchten) nicht so leicht wie Reptilien und Amphibien durch den Winterschlaf entziehen, weil ihre gesteigerte Intelligenz und ihre energischeren Lebensprocesse einen lebhafteren Stoffwechsel und fortlaufende Ernährung nöthig machen. Daher sind die Vögel wie die *Säugethiere* im Gegensatz zu den „kaltblütigen" *Reptilien, Amphibien* und *Fischen* ausschliesslich Warmblüter; sie bewahren unter dem mannigfachsten Wechsel des Klimas ihre 38—44 ° C. betragende Körpertemperatur.

Die Systematik der Vögel, soweit es sich um die Abgrenzung der grösseren Gruppen handelt, liegt noch immer sehr darnieder. Nach der äusseren Erscheinung werden von den Ornithologen grössere Gruppen als Ordnungen aufgestellt, die sich aber, wie die umfassenden Untersuchungen Fürbringer's und Huxley's gezeigt haben, bei einer genaueren anatomischen Prüfung nicht in der bisherigen Weise aufrecht erhalten lassen. Be-

sonders hat sich die Vereinigung der *Eulen* mit den *Tagraubvögeln*, der *Pinguine* mit den *Schwimmvögeln*, der verschiedenen Formen der *Klettervögel* als unhaltbar herausgestellt. Aus praktischen Gesichtspunkten soll das alte System im Folgenden gleichwohl beibehalten werden.

I. Unterclasse.

I. Ordnung. Ratiten, Cursores, Laufvögel.

Unter dem Namen Ratiten fasst man mehrere, anatomisch sehr verschiedenartige Familien zusammen, welche darin übereinstimmen, dass die Federn noch nicht die gesetzmässige Anordnung der Federfluren besitzen und dass mit dem Mangel des Flugvermögens auch viele, durch dasselbe bedingte Einrichtungen fehlen. Die Knochen sind nur wenig pneumatisch; die Thiere haben keine Crista sterni und keine Furcula, da die Schlüsselbeine rudimentär (*Dromaeus*) oder gar nicht mehr als selbständige Knochen vorhanden sind (die übrigen *Ratiten*); die vorderen Extremitäten sind klein und tragen keine zum Fluge brauchbaren Schwungfedern, wie denn überhaupt typische Contourfedern mit geschlossenem Vexillum vollkommen fehlen. Um so kräftiger sind die Laufbeine (Fig. 534 *f*), welche eine rasche und ausdauernde Fortbewegung auf der Erde ermöglichen. — Da sich immerhin noch manche durch das Flugvermögen bedingte Einrichtungen (Verwachsung der Handknochen und öfters auch der Schwanzwirbel, Anordnung der Flügelmuskeln) erhalten haben, ist es sehr wahrscheinlich, dass die Ratiten aus den Carinaten durch Rückbildung des Flugvermögens hervorgegangen sind. Die anatomischen Unterschiede der einzelnen Familien lassen sogar vermuthen, dass dieselben sich an verschiedenen Stellen vom Grundstock der Carinaten abgezweigt haben und somit keineswegs eine einheitliche Gruppe darstellen.

I. Gruppe. Straussartige Vögel (mit langem Humerus): *Struthioniden*, zweizehige Strausse, *Struthio camelus* L., afrikanischer Strauss; *Rheiden*, dreizehige Strausse, *Rhea americana* Lam. Nandu. — II. Gruppe. Casuarartige, dreizehige Vögel (mit kurzem Humerus): *Dromaeiden* ohne helmartigen Knochenaufsatz des Schädels, *Dromaeus novae Hollandiae* Gray, Neuholländischer Strauss. *Casuariden* mit Helmaufsatz, *Casuarius galeatus* Vieill., Helmcasuar Neuguineas. — III. Gruppe. Apteryxartige Vögel: *Apterygiden* mit langem Schnepfenschnabel, sehr kleinem Armskelet, mit 4 Zehen. *Apteryx Oweni* Gould, Kiwi, Neuseeland. *Dinornithiden*, dreizehig, ohne Armskelet, riesige, 3 Meter hohe, schwerfällige Vögel Neu-Seelands, die jetzt ausgestorben zu sein scheinen, jedenfalls aber noch mit dem Menschen gleichzeitig gelebt haben. *Dinornis giganteus* Ow. Moa. Vielleicht reihen sich hier auch die Riesenvögel von Madagascar, die *Aepyornithiden*, an (Knochenreste und 8 Liter fassende Eier wurden im Schwemmland gefunden).

II. Unterclasse.

Carinaten.

Der Name der zweiten Unterclasse bezieht sich auf die Anwesenheit der Carina oder Crista sterni, deren Ausbildung mit dem die meisten Vögel auszeichnenden Flugvermögen zusammenhängt. Dazu kommen

als weitere Merkmale der Unterclasse die kräftigen Schwung- und Steuerfedern im Flügel und im Schwanz und die Verwachsung der Schlüsselbeine zur Furcula. Indessen giebt es schon vorzügliche Flieger, deren Crista nur wenig hervorragt, wie grössere Raubvögel und Sturmvögel erkennen lassen; bei manchen schlecht fliegenden „Carinaten" schwindet die Carina fast ganz (*Strigops*). Ebenso ist die Furcula nicht immer ausgebildet, sei es dass die Schlüsselbeine nicht verwachsen (viele *Papageie* und *Tukane*), sei es dass sie ganz fehlen (*Mesites*). Die Schwungfedern der Flügel können endlich bei manchen Carinaten ebenfalls rückgebildet sein, wie sie z. B. bei den nicht fliegenden *Pinguinen* die Gestalt kleiner Schuppen angenommen haben, so dass sich die Grenzen von Ratiten und Carinaten stellenweise verwischen.

II. Ordnung. Gallinaceen, Hühner.

Die hühnerartigen Vögel sind Nestflüchter von gedrungenem Körper und mit gut, aber nicht in einseitiger Weise ausgebildeten vorderen und hinteren Extremitäten, so dass die Thiere gut laufen und leidlich fliegen können, ohne aber nach der einen oder anderen Richtung Aussergewöhnliches zu leisten. An den Füssen sind 3 Zehen nach vorn gewandt und an der Basis meist durch eine Bindehaut verbunden (Sitz- und Wandelfüsse, Fig. 534 *c*); die vierte nach rückwärts stehende Zehe ist etwas höher eingelenkt. Ueber ihr findet sich beim Männchen häufig der Sporn, ein hornbedeckter Fortsatz des Laufknochens. Der Oberschnabel greift mit seinen Rändern über den Unterschnabel über, ist an seiner Spitze nach abwärts gebogen und ungefähr gleich lang wie der Kopf. Nackte, blutgefässreiche Stellen sind meist am Kopf vorhanden und zu Lappen ausgewachsen, die bei dem durch stattlicheres Gefieder ausgezeichneten Männchen besonders gross sind.

Polygam sind die *Phasianiden: Phasianus colchicus* L., Fasan, *Pavo cristatus* L., Pfau, *Gallus bankiva* Temm, von den Sunda-Inseln stammend, Stammform des Haushuhns. Theils poly-, theils monogam sind die *Tetraoniden* oder Feldhühner: *Tetrao urogallus* L., Auerhuhn, *Perdix cinerea* Briss., Rebhuhn, *Lagopus alpinus* Nilss., Alpenschneehuhn. In zusammengescharrten Misthaufen verbergen ihre Eier die *Megapodiden: Megapodius Duperreyi* Less., Neuguinea.

III. Ordnung. Columbinen, Tauben.

Von den Hühnern unterscheiden sich die Tauben leicht durch schlankeren Körperbau, kürzere Beine, deren Zehen der Bindehaut entbehren (Spaltfüsse), und längere, einen vorzüglichen Flug ermöglichende Flügel. Vor Allem aber sind sie Nesthocker. Ihr Schnabel besitzt ein auffallendes Merkmal in zwei basalen, die Nase bergenden Auftreibungen. Der an der Speiseröhre vorhandene meist paarige Kropf liefert ein milchiges Secret, welches zum Atzen der Jungen dient.

Am verbreitetsten sind die *Columbiden*, welche besonders in den Tropen durch zahlreiche, prächtig gefärbte Arten vertreten sind. Die Rassen unserer Haustaube stammen nach Darwin von der *Columba livia* L., der blaugrauen Felstaube. In die Nähe der Tauben werden gewöhnlich die *Dronten* gestellt, Vögel, die gegen Ende des 17. und 18. Jahrhunderts ausgerottet worden sind. *Didus ineptus* L. auf St. Mauritius und *D. solitarius* Strickl. auf Rodriguez.

IV. Ordnung. Natatores, Schwimmvögel.

Durch ihre Neigung zum Wasseraufenthalt stimmen zahlreiche, im Bau sehr erheblich unterschiedene Familien überein. Man nennt sie Schwimmvögel, weil sie mit Hilfe ihrer durch Schwimmhäute verbundenen Zehen geschickt schwimmen und tauchen. Entweder sind alle vier Zehen durch Schwimmhäute verbunden — Ruderfuss (Fig. 534 *l*) — oder nur die drei vorderen — Schwimmfuss (Fig. 534 *k*) — oder die drei vorderen Zehen sind einzeln für sich von Schwimmhäuten eingefasst — Spaltschwimmfuss (Fig. 534 *h*). Ergeben sich somit schon im Bau der Füsse Unterschiede, welche einer näheren Verwandtschaft der Familien widersprechen, so wird letztere weiterhin zweifelhaft gemacht durch die verschiedene Beschaffenheit von Flügel und Schnabel.



Fig. 534. Verschiedene Fussformen der Vögel (aus Schmarda). *a* Watbein mit doppelt geheftetem Fuss eines Storches, *b* Spaltfuss der Drossel, *c* Wandelfuss eines Fasans, *d* Sitzfuss eines Falken, *e* Klammerfuss der Mauerschwalbe, *f* Lauffuss des Strausses, *g* Kletterfuss eines Spechts, *h* Spaltschwimmfuss vom Steissfuss, *i* Watbein und Lappenfuss eines Wasserhuhns, *k* Schwimmfuss der Ente, *l* Ruderfuss des Tropikvogels.

1. *Lamellirostres.* Die 3 Vorderzehen durch eine Schwimmhaut verbunden (Schwimmfuss); Schnabel bis auf die harte Spitze („Nagel") weichhäutig, seine Ränder mit queren hinter einander gestellten Hornplättchen bedeckt; die Thiere „grundeln" und nähren sich von Pflanzen und kleineren Thieren. *Anas boschas* L., Wildente, Stammform der Hausente *A. domestica* L.; *Anser ferus* Naum., Wildgans, Stammform von *Anser domesticus* L.: *Cygnus olor* L., Höckerschwan; *Phoenicopterus ruber* L., Flamingo.

2. *Longipennes*, räuberische Vögel mit kräftigem Schnabel, Schwimmfüssen und langen, einen schnellen Flug ermöglichenden Flügeln. *Procellariden*, Sturmvögel: *Diomedea exulans* L., Albatross; *Lariden*, Möven, *Larus ridibundus* L., Lachmöve.

3. *Urinatores.* Vögel mit kleinen, öfters zu Rudern rückgebildeten Flügeln und aufrechter Körperhaltung, welche durch die Verlagerung der Beine nach rückwärts bedingt ist. Mit Schwimmfüssen ausgerüstet, im inneren Bau aber sehr verschieden sind die ausschliesslich arktischen *Alciden* (*Alca impennis* L., im Laufe dieses Jahrhunderts auf Island ausgerottet), und die ebenso ausschliesslich antarktischen *Impennes* (*Aptenodytes patagonica* Forst., Pinguin. Fig. 535). Die *Colymbiden* haben zum Theil Schwimmfüsse (*Colymbus arcticus* L.), zum Theil Spaltschwimmfüsse (*Podiceps cristatus* L.).



Fig. 535. Aptenodytes patagonica (aus Brehm).

4. *Steganopodes,* alle 4 Zehen nach vorn gewandt und durch Schwimmhäute verbunden (Ruderfüsse): *Pelecanus onocratulus* L., *Phalarocorax carbo* Dumont, Cormoran.

V. Ordnung. Grallatores, Watvögel.

Die Watvögel sind ihrem Aufenthaltsort, sumpfigen Gegenden und Ufern von Seen, Teichen und Flüssen, vortrefflich angepasst, indem an ihren Beinen die Laufknochen stark verlängert und die Federn weit bis auf die Unterschenkel aufwärts durch Hornschienen ersetzt sind. (Stelzbeine Fig. 534 *a*.) In Correlation damit steht die auffallende Verlängerung von Hals und Schnabel.

Derselbe Habitus scheint sich bei zwei anatomisch sehr verschiedenen Gruppen ausgebildet zu haben. Die eine Gruppe (*Ciconiae*), ausgezeichnet durch Schnäbel mit starker Hornbekleidung, wird gebildet von den *Ardeiden*, Reihern: *Ardea cinerea* L., Fischreiher, und *Ciconiiden, Ciconia alba* L., Storch. Die andere Gruppe (*Grallae*) besteht aus den: 1. *Charadriiden*, Strandläufern und Schnepfen: *Vanellus cristatus* Meyer, Kiebitz, *Scolopax rusticola* L., Waldschnepfe. 2. *Gruiden,* Kranichen: *Grus cinereus* L. 3. *Ralliden,* Wasserhühnern: *Crex pratensis* L., Wachtelkönig. 4. *Alectoriden,* Hühnerstelzen: *Otis tarda* L., Trappe. Diese Familien haben weichhäutige Schnäbel mit harter Kuppe an der Spitze.

VI. Ordnung. Scansores, Klettervögel.

Alle Klettervögel sind leicht an ihren Kletterfüssen zu erkennen, an denen zwei Zehen (2 und 3) nach vorn, zwei Zehen (1 und 4) nach rückwärts gewandt sind. (Fig. 534 *g*.) Trotzdem weisen der verschiedene Bau und Habitus der unter dem Namen zusammengefassten Formen darauf hin, dass die Zusammenfassung nicht auf Blutsverwandtschaft beruht.

1. *Psittaci, Papageien.* Buntgefärbte, meist tropische Vögel mit kurzem, aber hohem, gedrungenem, stark gekrümmtem Schnabel, mit fleischiger Zunge. Ausser den Cacadus (*Plictolophus leucolophus* Less.), den Sittichen

(*Melopsittacus undulatus* Gould) und den kurzschwänzigen Papageien (*Psittacus erithacus* L.) sind als abweichende Formen die Nachtpapageien zu nennen (*Strigops habroptilus* Gray). — II. *Coccygomorphen*, Kukuksvögel. Schnabel leicht gebogen oder gerade, äussere Zehe meist eine Wendezehe. *Cuculus canorus* L., Kukuk. — III. *Picarien*, Spechte. Mit geradem, conischem, langem Schnabel und langer, vorstreckbarer Zunge. *Picus viridis* L., Grünspecht. Den Spechten sind nahe verwandt die *Ramphastiden*, die Tukane der Tropen.

VII. Ordnung. Passeres.

Die Ordnung der Passeres ist die umfangreichste Gruppe des Vogelsystems; sie enthält ausschliesslich Nesthocker, meist von geringer Körpergrösse, mit zierlichen, bis auf die Fersen hinab befiederten Beinen, mit stark verhorntem Schnabel ohne Wachshaut. Von den drei nach vorn gewandten Zehen sind die beiden äussern mit einander verwachsen (Wandelfüsse), oder sie sind bis an den Grund getrennt (Spaltfüsse, Fig. 534 *b*.) Bei einem Theil der Arten, welche dann meist, wenn auch nicht immer, durch grosse Sangeskunst im männlichen Geschlecht ausgezeichnet sind, finden sich besondere Muskeln des Syrinx, welche sonst bei Vögeln nicht vorkommen. Man nennt sie daher Singvögel oder Oscines, im Gegensatz zu den übrigen Passeres, den Schreivögeln oder Clamatores. Beide Gruppen unterscheiden sich ferner dadurch, dass die Singvögel eine grosse freibewegliche Hinterzehe haben, während bei den Schreivögeln die Hinterzehe nicht frei bewegt werden kann.

I. Unterordnung. *Oscines*. Alle unsere Singvögel gehören hierher: die *Fringilliden*, Finken, *Fringilla coelebs* L., Buchfink, *Passer domesticus* L., Sperling; *Alaudiden*, Lerchen, *Alauda arvensis* L.; *Sylviden*, Sänger; *Sylvia atricapilla* Lath., Mönch; *Turdiden*, Drosseln, *Luscinia philomela* L., Nachtigall; *Hirundiniden*, Schwalben, *Hirundo rustica* L.; ausserdem aber auch die rabenartigen Vögel, *Corviden*: *Corvus corone* Kaup, Krähe, denen die durch Geschlechtsdimorphismus ausgezeichneten Paradiesvögel, *Paradiseiden*, sehr nahe stehen, *Paradisea apoda* L. (Fig. 15).

II. Unterordnung. *Clamatores*, Schreivögel. Vielfach werden hierher nur einige vorwiegend in Südamerika entwickelte Gruppen gestellt, die *Cotingiden* und *Tyranniden*, ferner die *Menuriden* oder Leierschwänze Australiens. Früher dagegen fanden unter den Clamatores noch zahlreiche einheimische Formen Platz, welche jetzt abgelöst werden und zum Theil als *Cypselomorphen* zusammengefasst und zum Theil zu den Kukuken gestellt werden: *Cypseliden*, Mauerschwalben, mit Klammerfüssen (Fig. 534 *c*): *Cypselus apus* L., Mauerschwalbe (nahe verwandt die *Trochiliden* oder *Kolibris*); *Caprimulgiden*, Nachtschwalben, Ziegenmelker; *Alcediniden*, Eisvögel: *Alcedo ispida* L., der Fischbrut schädlich (ihnen nahe verwandt sind die tropischen *Bucerontiden*, Nashornvögel).

VIII. Ordnung. Raptatores, Raubvögel.

Die Raubvögel sind muskelstarke Vögel von meist ansehnlicher Körpergrösse. Ihre bis an das untere Ende des Laufknochens befiederten Füsse haben vier kräftige, mit starken Krallen bewehrte Zehen, von denen drei nach vorn gewandt und an der Basis durch eine kurze Bindehaut verbunden sind (Sitzfüsse Fig. 534 *d*). Am kräftigen Schnabel

springt der Oberschnabel mit hakenartig gekrümmter Spitze über den Unterschnabel herüber.

I. Unterordnung. *Diurni, Tagraubvögel*, schlanke Thiere mit dicht anliegendem Gefieder, von aussergewöhnlicher Sehschärfe. *Vulturiden* mit kahlen Stellen an Hals und Kopf und langem Schnabel: *Sarcoramphus gryphus* Geoffr., Condor, Vertreter der Westgeier, *Vultur cinereus* L., Mönchsgeier, Vertreter der Ostgeier; *Gypaëtus barbatus* Cuv., Lämmergeier, durch Mangel der kahlen Stellen zu den Adlern überleitend; *Falconiden* mit kurzem Schnabel: *Aquila chrysaëtus* Bp., Steinadler, *Buteo vulgaris* Bechst., Bussard, *Falco gyrfalco* L., Edelfalk.

II. Unterordnung. *Nocturni, Nachtraubvögel.* Gedrungene Thiere mit weichem, locker abstehendem Gefieder, grossen, von einem Kreis von Federn (Schleier) umstellten Augen; sie sollen anatomisch den *Caprimulgiden* näher stehen als den Tagraubvögeln. *Bubo maximus* Sibb., Uhu; *Syrnium aluco* L., Käuzchen, *Strix flammea* L., Schleiereule.

III. und IV. Unterclasse.

Saururen und Odontornithen.

Die Beziehungen der Vögel zu den Reptilien haben durch paläontologische Funde wesentliche Klärung erfahren, indem durch sie zwei jetzt nicht mehr existirende Gruppen, die zahntragenden Vögel oder *Odontornithes* und die *Saururen*, aufgedeckt wurden. Die aus der Kreideformation stammenden Odonthornithes haben im Ober- und Unterkiefer Zähne, welche in einer gemeinsamen Rinne oder in Alveolen eingepflanzt sind; sie müssen in zwei Gruppen aufgelöst werden; die *Hesperornithiden* oder *Odontolcen* (*Hesperornis regalis* Marsh), welche sich den Ratiten einfügen, und die mit einer Carina ausgerüsteten *Ichthyornithiden* oder *Odontotormen* (*Ichthyornis dispar* Marsh). Noch wichtiger als die zahntragenden Vögel ist die in zwei Exemplaren aus dem Solenhofener Schiefer (Jura) bekannte, ebenfalls bezahnte *Archaeopteryx lithographica* v. Meyer, bei welcher die Carpalien und Metacarpalien der Flügel noch nicht verwachsen, die drei Finger wohl entwickelt und mit Krallen bewaffnet sind und die Schwanzwirbelsäule, trotzdem sie Federn trägt, wie bei einer Eidechse aus zahlreichen Wirbeln besteht (Fig. 2).

VII. Classe.

Mammalien, Säugethiere.

Unter den Wirbelthieren und demgemäss im gesammten Thierreich nehmen die Säugethiere die höchste Stufe der Entwicklung ein; sie verdienen weiterhin unser besonderes Interesse, weil zu ihnen nach Bau und Entwicklung der Mensch gehört, wenn er auch seiner Intelligenz nach von den höchst organisirten Arten durch eine weite Kluft getrennt wird.

Die auffälligsten Merkmale zur Charakteristik der Classe liefert auch hier wieder die Beschaffenheit der Haut. Man kann mit Oken die Säugethiere Haarthiere nennen, weil für sie die Haare ebenso Integument. Haare.

charakteristisch sind wie für die Vögel die Federn. Die Haare (Fig. 537 *H*) sind Horngebilde, welche auf Papillen der Lederhaut sitzen und von den Blutgefässen derselben ernährt werden; sie sind mit ihrem unteren Ende, der Haarwurzel, in eine Einsenkung der Haut, den Haarbalg, eingelassen und sind hier von einer doppelten Umhüllung umgeben, der epithelialen Wurzelscheide, einer Einsenkung der Epidermis, und einer bindegewebigen Lage, der Balgscheide. Kleine Muskelchen können sich an die Basis der grösseren Haare befestigen und dieselben aufrichten. Da Seitenäste fehlen, ist der Aufbau des Haares einfacher als der der Feder und ebenso die Verschiedenartigkeit der Formen geringer. Durch spirale Einrollung ausgezeichnet sind die dünneren Wollhaare, gerade gestreckt die Stichelhaare; letztere werden bei zunehmender Dicke Schnurrhaare (an der Oberlippe vieler Säugethiere), Borsten (Schweine) und Stacheln (Igel und Stachelschweine) genannt. Histologisch bestehen die Haare aus verhornten Zellen, welche öfters in die Zellen der Mark- und Rindensubstanz geschieden und stets nach aussen vom Oberhäutchen, von der uns von den Reptilien her schon bekannten Pseudocuticula, überzogen sind. Die Anwesenheit des Oberhäutchens bedingt bei den meisten Säugethieren eine periodische Erneuerung des Haares, bei welcher das alte Haar ausfällt und durch ein in der Haarwurzel sich anlegendes, neues Haar ersetzt sind. Da an den übrigen Stellen der Haut die Pseudocuticula fehlt, werden die Hornschüppchen hier allmählig abgestossen in demselben Maasse, als sie durch den Gebrauch abgenutzt werden. — Ausser den Haaren finden sich bei den Säugethieren constante Horngebilde nur an den Zehenspitzen; sie werden hier nach ihrer Gestalt als Krallen (Ungues), Hufe (Ungulae) und Nägel (Plattnägel, Lamnae) unterschieden.

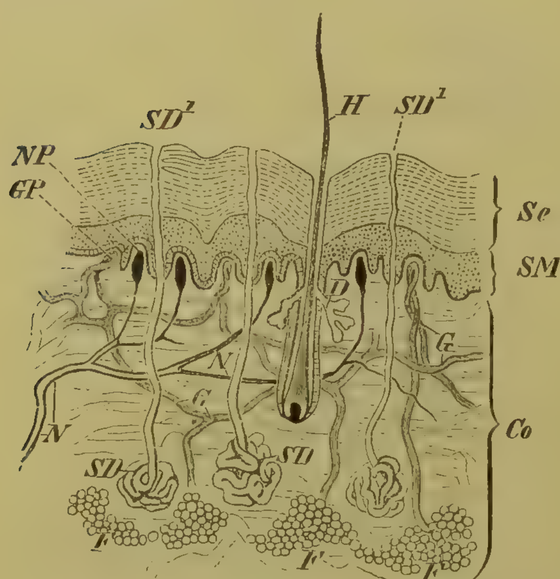


Fig. 537. Schnitt durch die Haut des Menschen (aus Wiedersheim). *Sc* Stratum corneum, *SM* Stratum Malpighi, *Co* Corium, *F* subcutanes Fett, *NP* Nervenpapillen, *GP* Gefässpapillen, *N* u. *G* Nerven und Gefässe des Corium, *SD* Schweissdrüsen, *SD*[1] Ausführgänge derselben, *H* Haar mit Talgdrüsen *D*.

Hautdrüsen. Ein weiteres Merkmal der Säugethierhaut ist ihr Drüsenreichthum. Mit seltenen Ausnahmen finden sich zweierlei Drüsen, Talg- und Schweissdrüsen. Erstere sind acinöse Drüsen, welche mit Vorliebe in den Haarbalg münden und dem Haar die nöthige Geschmeidigkeit verleihen (Fig. 536 *D*); letztere erhalten sich mit Ausnahme der *Monotremen* vom Haar unabhängig und sind einfache, tubulöse Drüsen mit aufgeknäultem, hinterem Ende, welche ein flüssiges Secret, den Schweiss, erzeugen (*SD*). Unter dem Einfluss des Geschlechtslebens entwickeln sich diese Drüsen, speciell die Talgdrüsen, an gewissen Stellen zu besonders energischer Thätigkeit und bilden ansehnliche Drüsenpackete und Drüsenbeutel: Violdrüsen am Schwanz mancher *Carnivoren*, Klauendrüsen der *Wiederkäuer*, Brunstfeige am Kopf der

Gemsen, Moschusdrüsen und Bibergeildrüsen an der Vorhaut von *Moschusthier* und *Biber*. (Fig. 545). Die wichtigsten Modificationen der Hautdrüsen sind jedoch vermöge ihrer allgemeinen Verbreitung und ihrer grossen physiologischen Bedeutung die Milchdrüsen, welche das am meisten charakteristische Merkmal der Säugethiere bilden und daher auch den deutschen und den wissenschaftlichen Namen veranlasst haben. Gewöhnlich sind es stark vergrösserte Talgdrüsen, seltener Schweissdrüsen (*Monotremen*), welche in grösserer Zahl auf einem eng umgrenzten Feld der Haut münden, dem Mammarfeld. Dieses mit Drüsenmündungen bedeckte Feld (Areola mammae) kann sich entweder direct zu einer Papille erheben, der echten Zitze oder Brustwarze (Fig. 537 *A*); dann fehlt ein einheitlicher Ausführweg für die Milchdrüsen; — oder das Mammarfeld kann sich zur Mammartasche einsenken, welche als gemeinsamer Behälter das Secret der Drüsen sammelt (*Monotremen*). Wenn nun weiter die Umgebung der Mammartasche ebenfalls zu einer Papille ausgezogen wird, so entsteht die Pseudozitze (*B*), in deren Innerem die Mammartasche als Ausführgang der vereint mündenden Milchdrüsen (Strichcanal der Kühe) liegt. Stets sind die Brustwarzen auf der ventralen Seite symmetrisch zur Mittellinie angebracht, in der Brust- oder Achselgegend, oder, was häufiger ist, in der Bauch- oder Inquinalregion. Ihre Zahl ist mindestens zwei, steigt aber bei manchen Thieren (*Centetes*) auf 22; im Allgemeinen entspricht sie der Maximalzahl von jungen Thieren, welche das Weibchen erzeugt. Obwohl in beiden Geschlechtern vorhanden, treten die Milchdrüsen doch nur im weiblichen Geschlecht in Thätigkeit, und auch hier nur nach der Geburt der Nachkommenschaft, wenn zur Ernährung derselben das Drüsensecret, die Milch, nöthig ist. Milchdrüsen.



Fig. 537. A wahre, B falsche Zitze (aus Wiedersheim nach Gegenbaur).

Ein Hautskelet ist nur ausnahmsweise in Form festgefügter Knochenplatten bei den *Gürtelthieren* vorhanden; dagegen zeigt das Axenskelet zahlreiche, nur bei Säugethieren vorkommende Merkmale. Am Schädel treten die bisher besprochenen Knochen vielfach nur noch als Knochenkerne auf, welche frühzeitig mit benachbarten Kernen zu grösseren Knochen verschmelzen. Wie das Schläfenbein lehrt, können hierbei sogar Theile von ganz verschiedener Herkunft, Theile des Visceralskelets und der Schädelkapsel, vereinigt werden, so dass eine scharfe Trennung von Schädel und Visceralskelet nicht mehr durchführbar ist, wenn auch im Allgemeinen die Unterscheidung von Hirn- und Gesichtsschädel dieser Trennung entspricht. Wir sind daher gezwungen, um nicht eng Verbundenes auseinander zu reissen, bei der Schilderung des Schädels eine andere Eintheilung als bisher zu Grunde zu legen, die Eintheilung, welche uns die menschliche Anatomie an die Hand giebt. Skelet: Schädel.

Im hinteren Abschnitt des Säugethierschädels (Fig. 466, 467) begegnen wir einem grossen Knochen, dem Os occipitis, welcher durch einen doppelten Condylus occipitalis mit dem Atlas gelenkig verbunden ist und die vier uns von früher her kekannten, verschmolzenen, primären Knochen, die Occipitalia, ausserdem aber gewöhnlich noch einen bei

Säugethieren allein auftretenden Belegknochen, das Interparietale, enthält. Das Interparietale (*Ip*), streng genommen ein Knochenpaar, entsteht im Winkel zwischen den Parietalia und dem Supraoccipitale und liefert den obersten Theil der Hinterhauptschuppe. Nach vorn liegen in der Schädeldecke wie bei den übrigen Wirbelthieren: die Parietalia (bei manchen Wiederkäuern mit dem Interparietale verwachsen), die Frontalia und die Nasalia, wozu stets noch die Lacrymalia sich gesellen (Fig. 466, 467, 538 *pa*, *fr*, *na*, *la*). An der Schädelbasis setzt

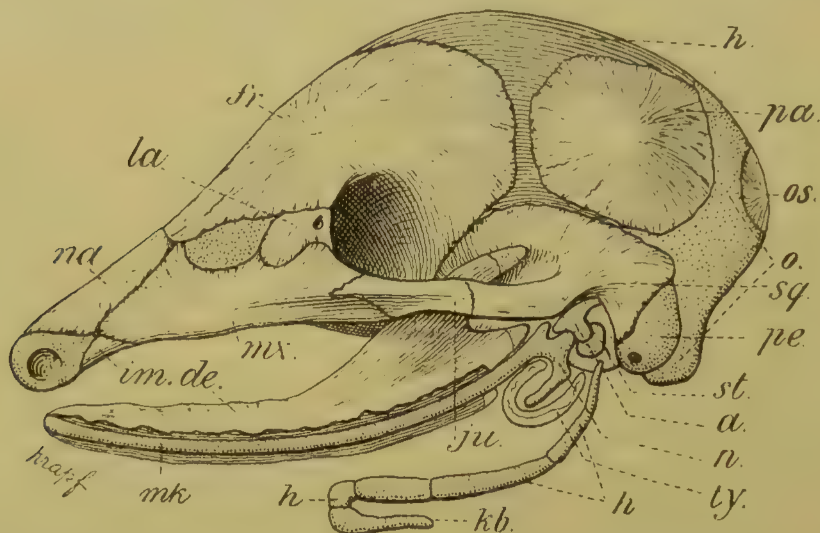


Fig. 538. Kopfskelet eines Embryo von Tatusia hybrida (nach Parker und Wiedersheim); knorpeliges Primordialcranium punktirt, häutiges schraffirt (*h*). 1. Belegknochen: *na* Nasale (davor Nasenkapsel mit Nasenöffnung), *la* Lacrymale, *fr* Frontale, *pa* Parietale, *im* Intermaxillare, *mx* Maxillare, *ju* Jugale, *sq* Squamosum, *de* Dentale. 2. Knorpel und primäre Knochen: *os* Occipitale superius, *o* Occipitalknorpel, *pe* Petrosum (Gehörkapsel), *a* Ambos (Quadratum), *n* Hammer (Articulare), *mk* Meckel'scher Knorpel, *st* Steigbügel (Hyomandibulare), *h* Zungenbeinbogen, *kb* Rest der Kiemenbögen, *ty* Tympanicum.

sich vorn an die Basis des Hinterhauptbeins das Keilbein, Os sphenoideum, an, welches bei vielen Säugethieren dauernd (Fig. 467), beim Menschen wenigstens embryonal in zwei Stücke getrennt ist, das vordere und das hintere Keilbein. Jedes dieser Stücke lässt sich entwicklungsgeschichtlich wieder in drei Theile zerlegen. Das hintere besteht aus dem unpaaren Basisphenoid (*Sph*) (Körper) und den paarigen Alisphenoidea (*Als*) (den grossen Keilbeinflügeln, Alae temporales), das vordere aus dem Praesphenoid (*Ps*) (Körper) und den Orbitosphenoidea (*Ors*) (Alae orbitales, den kleinen Keilbeinflügeln). Vor dem vorderen Keilbein liegt ebenfalls dreitheilig das Ethmoid (*Eth*); das unpaare Mesethmoid bildet zwischen den beiden tief in den Knochen eindringenden Nasenhöhlen eine knöcherne Scheidewand; die paarigen Exethmoidea liefern die Seitenwand derNasenkapsel und durch complicirte Faltungen ihrer Innenseite die oberen Muscheln als Grundlage für eine reichliche Vergrösserung der Geruchsschleimhaut.

Das zwischen die Knochen der Schädeldecke und der Schädelbasis seitlich eingekeilte S c h l ä f e n b e i n kann nur verstanden werden, wenn man es im Zusammenhang mit dem ersten und zweiten Visceralbogen betrachtet und zugleich von embryonalen Verhältnissen ausgeht (Fig. 538). Man findet dann als Grundlage des Knochens die knorpelige Gehörkapsel, die Anlage des Petrosum (Schläfenbeinpyramide *pe*) und wie bei den

übrigen Wirbelthieren an derselben befestigt den knorpeligen Kieferbogen: das Quadratum (*a*) und das Mandibulare (*n* + *mk*), und den knorpeligen Zungenbeinbogen: Hyomandibulare (*st*) und Hyoid (*h*) (vgl. damit das Visceralskelet der Selachier, Fig. 494). Hierzu kommt der Belegknochen des Quadratum, das Squamosum (*sq*), welches sich proportional der Reduction des Quadratum vergrössert hat, und unterhalb des Squamosum die Anlage des Annulus tympanicus (*ty*). Wenn nun Verknöcherung der knorpeligen Theile eintritt, so entsteht aus vielen Knochenkernen ein einheitliches Petrosum; dasselbe verschmilzt mit dem Squamosum und häufig auch mit dem in manchen Ordnungen zu einer ansehnlichen Knochenkapsel anwachsenden Tympanicum. Petrosum und Squamosum einerseits, Tympanicum andererseits erzeugen einen Raum, die Trommelhöhle, in welchen die oberen Stücke der beiden Visceralbögen hineingerathen, um durch Verknöcherung zu den Hörknöchelchen zu werden, das Hyomandibulare zum Stapes, das Quadratum zum Ambos (Fig. 480). Die Art, wie nun der vordere Rand des Annulus tympanicus bei der Vereinigung mit dem Squamosum (die Glaser'sche Spalte bildend) auf den Kieferbogen trifft, bringt es mit sich, dass auch das obere Ende des Mandibulare (*n*) in die Trommelhöhle eingeschlossen wird und bei der Verknöcherung den Hammer liefert, während der untere Abschnitt, der „Meckel'sche Knorpel" (*mk*), gleichsam abgequetscht wird. Der Meckel'sche Knorpel schwindet später, dagegen wächst sein Belegknochen, das Dentale (*de*), so sehr heran, dass er allein den Unterkiefer darstellt, welcher nun mit dem Squamosum ein neues Kiefergelenk bildet. Dieses neue Kiefergelenk der Säugethiere liegt zwischen den Belegknochen des Quadratum und des Mandibulare — zwischen Squamosum und Dentale — wie das alte jetzt zum Hammer-Ambosgelenk gewordene Gelenk zwischen den beiden correspondirenden primären Stücken: Quadratknochen und Articulare lag. Auch sonst tritt das Squamosum vicariirend für das Quadratbein ein, indem es die vom Maxillare herkommende Verbindung des Jochbogens (Os zygomaticum s. jugale, *ju*) aufnimmt.

Der untere Theil des Zungenbeinbogens (*h*) oder das Hyoid bleibt ausserhalb der Trommelhöhle und verschmilzt an seinem oberen Ende öfters mit dem Petrosum. Das obere Ende (Processus styloideus) kann dann von dem unteren, an der Copula (Corpus hyoideum) ansitzenden Stück (vorderem Zungenbeinhorn) ganz getrennt werden, indem die verbindende Knorpelstrecke zu einem Ligament (L. stylohyoideum) atrophirt. Im Zungenbein der Säugethiere erhält sich schliesslich noch ein Rest der Kiemenbögen in den Hinterhörnern (Cornua majora des Menschen).

Wie das Quadratum (Ambos) im Vergleich zum gleichnamigen Knochen der übrigen Wirbelthiere an Grösse ganz auffallend reducirt ist, so ist auch der vordere Abschnitt des Palatoquadratum, welcher die Knochen der Gaumenreihe, Vomer, Palatinum, Pterygoid, umfasst, schwach entwickelt, besonders im Vergleich zu den davor liegenden, mächtigen Maxillarknochen. Zwischenkiefer (Praemaxillare oder Intermaxillare, *im*) und Oberkiefer (Maxillare, *mx*) — beide beim Menschen zu einem einheitlichen Oberkiefer verwachsen — bilden vermöge ihrer Ausdehnung fast allein die Grundlage des Gesichts und schicken nach rückwärts und einwärts die Gaumenfortsätze aus. Durch letztere werden die Knochen der Gaumenreihe eingeengt; die Vomer der beiden Seiten werden zu einem unpaaren, die Nasenscheidewand vervollständigenden, senkrecht gestellten Knochen zusammengepresst, Palatina und Ptery-

goidea rückwärts verlagert. Das Palatinum betheiligt sich noch am harten Gaumen, das Pterygoid nur ausnahmsweise (*Cetaceen*); letzteres verliert sogar gewöhnlich seine Selbständigkeit und schliesst sich dem ihm am meisten benachbarten Knochen der Schädelbasis, dem Basisphenoid an; genauer gesagt: es verschmilzt mit einem Fortsatz desselben (Lamina externa des Processus pterygoideus) als die Lamina interna. Im hinteren Keilbein sind somit, ganz wie im Schläfenbein, craniale und viscerale Theile vereint.

Wirbelsäule und Extremitäten. In der Wirbelsäule sind die Halswirbel und die Rippen tragenden Brustwirbel stets von einander unterscheidbar, meist auch — mit Ausnahme der *Cetaceen* — Lendenwirbel, Sacralwirbel (2—5, selten bis 13) und Schwanzwirbel. Auch ist die Variabilität in den für die einzelnen Regionen giltigen Zahlen eine beschränktere. Namentlich haben alle Säugethiere sieben Halswirbel (darunter Atlas und Epistropheus); nur ganz ausnahmsweise kommen 9 (***Bradypus tridactylus***) oder 6 (***Choloepus Hoffmanni***, alle ***Manatusarten***) vor. — Vom Gliedmaassenskelet interessiren uns am meisten Schulter- und Beckengürtel. Das Coracoid, welches nur noch bei *Monotremen* das Sternum erreicht, ist zu einem Fortsatz der Scapula, dem Processus coracoideus, eingeschrumpft. Seltener fehlt die Clavicula; dieselbe tritt bei den *Monotremen* (Fig. 539 *Cl*) noch an ein gut entwickeltes Episternum (*Ep*), sonst scheint sie mit dem Sternum zu articuliren; thatsächlich ist sie aber von ihm stets durch die Cartilagines interarticulares, die Reste des Episternum, getrennt. Am Becken sind Darm-, Sitz- und Schambein vorhanden; Sitz- und Schambeine derselben Seite sind ventral unter einander vereinigt und umschliessen gemeinsam das Foramen obturatum. Die Schambeine der linken und rechten Seite treffen in einer Symphyse zusammen, welche sich selten auch auf die Sitzbeine ausdehnt (Fig. 549).

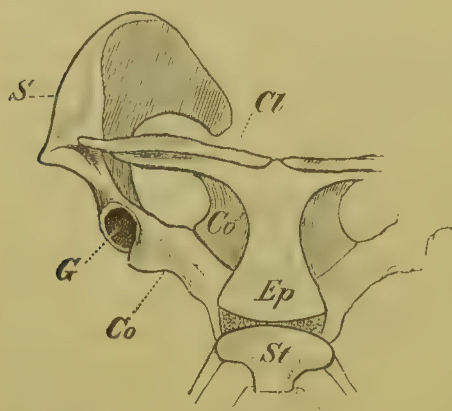


Fig. 539. Sternum und Schultergürtel von Ornithorynchus paradoxus, linke Hälfte nur zum Theil dargestellt (aus Wiedersheim). *St* Manubrium Sterni (oberes Ende des Brustbeins), *Ep* Episternum, *Cl* Clavicula, *S* Scapula, *G* Gelenkfläche für den Oberarm. *Co* Co^1 Coracoid.

Gehirn. Da sich die Säugethiere im Allgemeinen durch ihre Intelligenz von den übrigen Wirbelthieren unterscheiden, ist auch ihr Hirn durch die Grösse von Grosshirn und Kleinhirn ausgezeichnet. (Fig. 540 bis 543.) Für das Kleinhirn ist im Gegensatz zu den Vögeln und Fischen zu betonen, dass die Seitentheile, die Kleinhirnhemisphaeren (*IV*), mehr als der dazwischen gelegene „Wurm" sich an der fortschreitenden Entwicklung betheiligen. Beim Grosshirn kommt in erster Linie der Manteltheil der Hemisphaeren in Betracht. Die Stirnlappen desselben wachsen nach vorn über die Lobi olfactorii herüber, welche von dem vorderen Ende des Hirns mehr und mehr auf die Unterseite rücken. Die Schläfenlappen dehnen sich links und rechts über die Sehhügel bis an die Schädelbasis aus. Die Hinterhauptslappen endlich decken nach rückwärts successive Mittelhirn, Kleinhirn und Medulla oblongata zu. Da nun die Hauptzunahme der geistigen Fähigkeiten sich innerhalb der Classe selbst vollzieht, so ergiebt uns das Grosshirn eine aufsteigende

Reihe, welche folgende Zusammenstellung erläutern möge. Bei *Monotremen, Beutelthieren, Insectenfressern* und *Nagern* (Fig. 540) kommt vorn der Lobus olfactorius (*lo*); hinten vielfach noch das Mittelhirn (*III*) zum Vorschein; bei *Halbaffen, Carnivoren* (Fig. 541) und *Ungulaten* ist vorn der Lobus olfactorius, hinten das Kleinhirn (*IV*) zum grösseren Theil zugedeckt; bei *Menschen* und *Affen* (Fig. 542) endlich sieht man

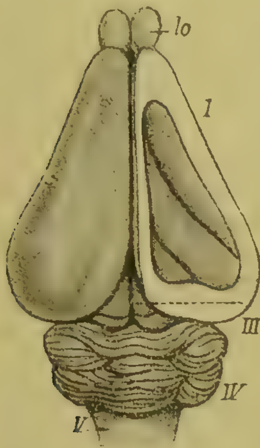






Fig. 540. Gehirn des Kaninchens (n. Gegenbaur). Fig. 541. Gehirn der Fischotter. Fig. 542. Gehirn des Pavian. (Fig. 541, 542 nach Leuret und Gratiolet.)

I Grosshirn, *III* Mittelhirn (Corpora quadrigemina), *IV* Kleinhirn, *V* Nachhirn (Medulla oblongata), *lo* Lobus olfactorius.

beim Abtragen des Schädeldachs nur die beiden Grosshirnhemisphaeren, welche alle übrigen Hirntheile mehr oder minder vollkommen von oben verdecken. Weiter ist zu beachten, dass bei den Wirbelthieren der ersten Gruppe die Oberfläche des Hirns meist glatt ist, dass bei den übrigen das Wachsthum der Hirnrinde zur Einfaltung und Bildung von Gyri und Sulci führt, welche bei den menschenähnlichen Affen, besonders aber beim Menschen, die grösste Complication erreichen. Eine nothwendige Folge der Massenzunahme des Hirnmantels ist die Vergrösserung der die einzelnen Regionen verbindenden Nervenstränge, der Commissuren, die sich mehr und mehr als besondere Hirntheile hervorheben. So werden innerhalb der Säugethierclasse zwei quere Commissuren zwischen linker und rechter Hemisphaere (Hirnbalken und Hirngewölbe) deutlich, ferner zwei derbe Stränge vom Grosshirn nach den rückwärts gelegenen Hirntheilen, die Crura Cerebri, endlich ein queres Commissurensystem unter dem Kleinhirn, der Pons Varoli, Verbindungen, welche in anderen Wirbelthierclassen noch nicht mächtig genug sind, um besonders benannt zu werden und auch bei niederen Säugethieren wie *Monotremen* und *Beutelthieren* noch wenig zur Geltung kommen.

Das Anwachsen des Grosshirns und Kleinhirns und zwar vorwiegend in ihren dorsalen Abschnitten führt zu einer mehrfachen Knickung der Hirnaxe, die sich schon bei *Reptilien* bemerkbar macht, bei den *Vögeln* fortschreitet und bei den *Säugethieren* ihr Maximum erreicht (Hirnbeuge). Anstatt in der Richtung des Rückenmarks zu verlaufen, biegt sich in der Gegend der Medulla oblongata die Hirnaxe ventralwärts (Nackenbeuge), dann in der Gegend der Varolsbrücke wieder nach dem Rücken zu (Brückenbeuge), um auf der Höhe der Corpora quadrigemina zum

zweiten Mal ventralwärts eingeknickt zu werden (Scheitelbeuge). — Durch sein Wachsthum übt ferner das Hirn einen äusserst interessanten Einfluss auf die Beschaffenheit des Schädels aus, indem es — bei den Vögeln meist noch auf die Gegend hinter den Augen beschränkt — bei den höheren Säugethieren bis in die Geruchsgegend vordringt. So kommt es zu einem Anwachsen des Hirnschädels auf Kosten des Gesichtsschädels. Das Grössenverhältniss beider hat schon Camper als Maassstab der Intelligenz angesehen und durch den „Camper'schen Gesichtswinkel" zu bestimmen gesucht, eine Bestimmungsmethode, welche in der Neuzeit wesentliche Verbesserungen erfahren hat.

Sinnesorgane.

Von den Sinnesorganen ist die Nase durch drei Merkmale ausgezeichnet: es bildet sich die äussere Nase als ein von Knorpeln gestütztes, in das Gesicht vorragendes Organ; ferner ist ein harter Gaumen vorhanden; drittens gewinnt der Binnenraum eine labyrinthische Gestalt durch Vermehrung und Einrollung der Knochen- und Knorpelfalten, die schon bei den Reptilien und Vögeln von der Seitenwand der Nasenkapseln, besonders von den Exethmoidea aus, in den Binnenraum hineinragen und Nasenmuscheln heissen. Zur Vergrösserung der Schleimhautflächen dienen weiterhin sinuöse Ausstülpungen in die benachbarten Knochen, in die Stirnbeine, Keilbeine und Oberkiefer (Sinus frontales, S. sphenoidales, S. maxillares). — Bei Auge und Ohr sind die äusseren Hülfsapparate für die Erscheinungsweise der Säugethiere wichtig, am Auge die oberen und unteren Augenlider, neben denen die Nickhaut in mehr oder minder rudimentärem Zustand fortbesteht, am Ohr die von Knorpel gestützte Ohrmuschel und der äussere Gehörgang. Das Gehörorgan ist zugleich in seinen inneren Theilen wesentlich umgestaltet; die Säugethiere sind die einzigen Wirbelthiere, bei denen die drei Gehörknöchelchen, Hammer, Ambos und Steigbügel, vorhanden sind (Fig. 480) und der Schneckenblindsack des Labyrinths, der Ductus cochlearis, in 2—4 Spiralwindungen nach Art eines Schneckenhauses eingewunden ist. (Fig. 77, 479).

Bezahnung.

Bei der Besprechung des Säugethierdarms verdient vor Allem die auf Unterkiefer, Zwischen- und Oberkiefer beschränkte Bezahnung Beachtung, weil sie sowohl zur Unterscheidung der gesammten Classe von anderen Wirbelthierclassen als auch innerhalb der Classe zur Charakteristik der einzelnen Ordnungen benutzt wird. Wenn wir *Monotremen, Edentaten* und *Cetaceen*, bei welchen die Bezahnung in offenkundiger Rückbildung begriffen ist, ausser Acht lassen, so sind vier Merkmale hervorzuheben, welche sämmtlich darauf hinweisen, dass das Gebiss der Säugethiere höher entwickelt und daher einer grösseren Gesetzmässigkeit unterworfen ist als das Gebiss der übrigen Wirbelthiere (Fig. 543).

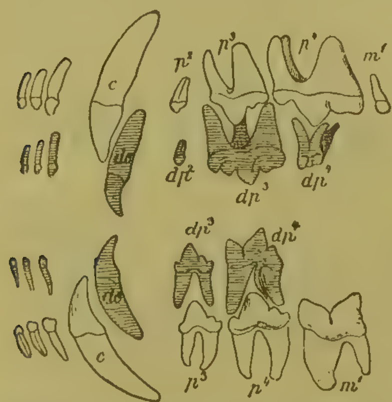


Fig. 543. Gebiss und Milchgebiss der Katze. *c* Eckzähne, p^2-p^4 Praemolare, m^1 Molare, Schneidezähne ohne Nummern, *d* bedeutet das Milchgebiss (aus Boas).

1. Die Zahl der Zähne ist mindestens für jede Art, meist sogar für die Gattung, vielfach auch für die Familie constant. Wie die Menschen normalerweise 32 Zähne haben, so die Hunde 42, die anthropoiden Affen 32, die plattnasigen Affen 36 u. s. w.
2. Die Zähne sind besser befestigt. Ihr Dentinkörper wird durch eine leichte Einschnürung in die mit Schmelz bedeckte Krone

und die von Cement (Knochengewebe) umhüllte Wurzel abgetheilt. Die Wurzeln sind in besondere Höhlungen der Kiefer, die Zahnalveolen, eingekeilt und entstehen zuletzt, wenn das Wachsthum des Zahns seinem Ende entgegengeht, so dass bei Zähnen, welche wie die Schneidezähne der *Nager*, die Stosszähne der *Elephanten*, oder die Eckzähne der *Schweine* ein dauerndes Wachsthum haben, es niemals zur Bildung einer abgeschlossenen Wurzel kommt. 3. Infolge dieser besseren Befestigung nutzen sich die Zähne nicht so schnell ab und bedürfen nicht des raschen Ersatzes; es findet nur ein einmaliger Wechsel statt, indem das bei der Geburt vorhandene oder bald darauf sich entwickelnde „Milchgebiss" nach einiger Zeit vom bleibenden Gebiss ersetzt wird, (diphyodonte Säugethiere); in einigen Fällen unterbleibt der Zahnwechsel ganz und die zuerst angelegten Zähne erhalten sich dauernd (monophyodonte S.). 4. Innerhalb der Zahnreihe hat sich eine Arbeitstheilung vollzogen und hat zu Unterschieden in der Gestalt und der Bewurzelung der Zähne geführt (Anisodontie oder Heterodontie); die Zähne des Zwischenkiefers und ihre Antagonisten im Unterkiefer sind einwurzelig, haben meist Meisselgestalt und heissen daher Schneidezähne, Dentes incisivi, ein Namen, den sie beibehalten, auch wenn ihre Kronen wie bei Insectivoren (Fig. 565) nadelartig zugespitzt sind. An die Dentes incisivi schliesst jederseits oben und unten der Dens caninus, der Eckzahn (*c*) an, ein ebenfalls einwurzeliger, gewöhnlich conisch zugespitzter Zahn. Nach aussen von ihm folgen die Backzähne, breite, mehrwurzelige Zähne mit höckeriger Mahlfläche; sie sind stets nur zum Theil — die vordern — im Milchgebiss angelegt, während die hintern erst im bleibenden Gebiss auftreten und daher gar nicht gewechselt werden. Auf Grund dieser Entwicklungsweise unterscheidet man zweierlei Backzähne, die im Milchgebiss vorgebildeten Praemolares oder Lückzähne (falsche Backzähne) und die nicht vorgebildeten Molares oder echten Backzähne. — Aus dem Gesagten folgt mit Nothwendigkeit, dass man eine jede Säugethierart nach der Beschaffenheit ihres Gebisses wird charakterisiren und diese Charakteristik in einer kurzen Zahlenformel wird zusammenfassen können. Man hat nur nöthig, die Zahlen der vier oben genannten Zahnformen — die des Oberkiefers und Unterkiefers durch einen horizontalen Strich getrennt — in ihrer natürlichen Reihenfolge aufzuführen. Bei der Symmetrie beider Körperseiten bedarf es nur der Angabe für eine Seite, wobei man mit den Schneidezähnen beginnt und im Fall, dass eine Zahnsorte fehlen sollte, den Defect mit einer 0 bezeichnet. Die Zahnformel des Menschen würde demnach lauten: $\frac{2\,1\,2\,3}{2\,1\,2\,3}$, die der Rinder, denen im Oberkiefer die Schneide- und Eckzähne fehlen: $\frac{0\,0\,3\,3}{3\,1\,3\,3}$.

Die Backzähne unterliegen je nach der Nahrung am meisten einem Wechsel der Form. Als Ausgangsform können wir das Gebiss omnivorer Thiere betrachten, bei denen die Krone drei oder mehr Höcker besitzt, deren gesetzmässige Anordnung Gegenstand zahlreicher Untersuchungen gewesen ist. Die Höcker werden von einem Theil der Forscher als Fortsätze eines einheitlichen Zahnes gedeutet, von einem andern Theil der Forscher durch die Annahme erklärt, dass mehrere reptilienartige Kegelzähne untereinander verschmolzen sind. Bei animalischer Nahrung (Fig. 543, 551) sind die Höcker der Krone zugespitzt und schneidend (*Insectivoren* und *Carnivoren*); ist die schneidende Kante aussergewöhnlich scharf und auf ihrer Innenseite noch ein besonderer Höcker vorhanden, so spricht

man von einem Reisszahn (D. lacerans der Carnivoren). Bei pflanzlicher Kost werden die Höcker unter einander durch quere Kämme (Joche) verbunden. Indem die Höcker und Joche theilweise abgeschliffen und die Furchen zwischen ihnen mit Cement ausgefüllt werden, entstehen breite Mahlflächen, deren Festigkeit hauptsächlich durch die der Abnutzung am meisten Widerstand leistenden Schmelzüberzüge der Höcker und Joche bedingt wird. Diese dringen von der äusseren Schmelzmauer des Zahns als Falten nach innen vor; indem die Falten sich abschnüren, können auf der Mahlfläche Schmelzinseln entstehen (Dentes complicati der *Hufthiere*). Wenn die Schmelzfalten in regelmässigen Abständen von innen und aussen in den Zahn vordringen und in der Mitte zusammentreffen, so zerlegen sie ihn in zahlreiche aufeinander folgende, durch Cement verbundene Blätter (zusammengesetzte Zähne der *Elephanten* [Fig. 563] und mancher *Nager*).

Respirationsorgane, Herz.

Im Athmungsapparat ist am wichtigsten die Anwesenheit eines kräftigen, bei anderen Wirbelthieren nur in seinen Anfängen erkennbaren Zwerchfells oder Diaphragma, welches die Leibeshöhle in eine Brust- und Bauchhöhle sondert. In der Brusthöhle liegen Oesophagus, Herz mit Herzbeutel, vor Allem Trachea, Bronchien und Lungen, in der Leibeshöhle alle übrigen, vegetativen Organe. Die Scheidewand ist musculös und in die Brusthöhle hinein kuppelförmig gewölbt: bei der Contraction des Zwerchfells muss sich seine Wölbung abflachen und der Raum der Brusthöhle sich erweitern. Das führt zur Ausdehnung der an der Brustwand luftdicht anschliessenden Lunge und damit zur „Inspiration“, während beim Erschlaffen des Zwergfells die Lungen, ihrer Elasticität folgend, sich zusammenziehen und einen Theil der Luft austreiben (Exspiration). Ausserdem kann Heben des Brustkorbs die Inspiration, Senken die Exspiration unterstützen. — Die Athmungswege (Fig. 481) beginnen mit dem zur Stimmbildung dienenden Kehlkopf; auf ihn folgt die Trachea, welche sich in einen linken und rechten Bronchus gabelt; jeder Bronchus verästelt sich fortgesetzt, bis die kleinsten Bronchien entstehen, welche mit Aussackungen, den zur Athmung dienenden Lungenbläschen, bedeckt sind. — Das Herz der Säugethiere (Kammer und Vorkammer) ist in eine linke und eine rechte Hälfte getrennt; ebenso wird frühzeitig im Embryonalleben die anfänglich einfache Aorta ascendens in eine venöse, dem rechten Herzen entspringende A. pulmonalis und in eine arterielle Aorta ascendens zerlegt, welche aus der linken Herzkammer entspringt. Zum Unterschiede von Reptilien und Vögeln wird der linke Arterienbogen zum arteriellen Aortenbogen, während der rechte verloren geht.

Urogenitalsystem.

Für die systematische Eintheilung der Säugethiere hat das Urogenitalsystem die allergrösste Bedeutung gewonnen (Fig. 544). Dasselbe besteht auf frühen Stadien des Embryonallebens in beiden Geschlechtern überall im Wesentlichen aus denselben Theilen: aus der zuerst sich anlegenden Urniere (Wolff'schem Körper *W.*) und der später auftretenden, bleibenden Niere (im nebenstehenden Schema nicht eingezeichnet), aus der als Allantois sich in die Embryonalhäute erstreckenden Harnblase (4 und 5) und aus drei Ausführgängen, Müller-schen oder Vornierengängen (*m*), Wolff'schen oder Urnierengängen (*w*); und den Gängen der bleibenden Nieren oder den Ureteren (3). Die Ausführgänge münden sämmtlich nicht mehr in den Darm, sondern in die Harnblase (im weiteren Sinne), der Ureter in den Grund (Fundus) der Harnblase, Wolff'sche und Müller'sche Gänge in ihre Sinus uro-

genitalis genannte untere Verlängerung (*ug*). Auf dem Wolff'schen Körper lagert in der Leibeshöhle die Geschlechtsdrüse (*ot*). In der vorderen Wand des Sinus urogenitalis liegt ein Körper aus schwellbarem Gewebe, der Geschlechtshöcker (*cp*), welcher beim weiblichen Geschlecht klein bleibt, Clitoris, beim männlichen Geschlecht sich vergrössert und die Grundlage des Penis liefert. Da der Sinus urogenitalis von vorn in den Enddarm (*i*) mündet, ist embryonal stets eine Cloake (*cl*) vorhanden, welche sich bei den *Monotremen* auch dauernd erhält, sonst aber durch Ausbildung einer Scheidewand, des Damms, in den vorderen Sinus urogenitalis und den hinteren Afterdarm zerlegt wird.

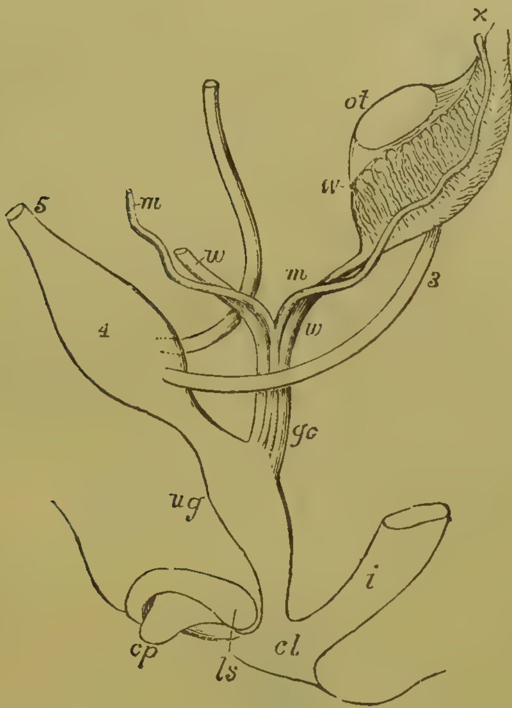


Fig. 544. Schema des Urogenitalsystems eines Säugethiers auf frühem Stadium (aus Balfour nach Thomson). Ventrale Ansicht, nur Harnblase, Cloake und Genitalhöcker in Profilstellung gebracht. *3* Ureter, *4* Harnblase, *5* Verlängerung der letzteren zur Allantois (Urachus), *ug* Sinus urogenitalis, *cl* Cloake, *i* Enddarm, *cp* Genitalhöcker, *ls* Anlage des Hodensacks (der grossen Schamlippen), *ot* Geschlechtsdrüse. *W* Wolff'scher Körper, *x* dessen oberes Ende, *w* Wolff'sche Gänge, *m* Müller'sche Gänge, *gc* Vereinigung beider zum Genitalstrang.

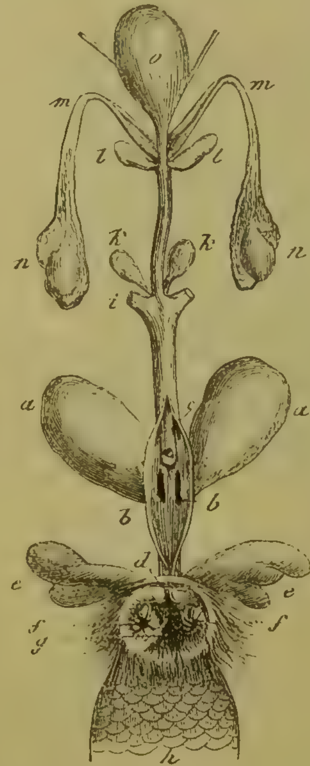


Fig. 545. Urogenitalsystem des männlichen Bibers (aus Blanchard). *o* Harnblase mit Ureteren, *n* Hoden. *m* Samenleiter, *l* Samenbläschen, *k* Cowper'sche Drüsen, *i* Corpora cavernosa des Penis, *c* Eichel des Penis, *a* Bibergeilsäcke, *b* deren Mündung in den aufgeschnittenen Vorhautcanal, *d* Mündung des Vorhautcanals, *e* Analdrüsen, *f* deren Mündung, *g* After, *h* Schwanzwurzel.

Aus dieser indifferenten Anlage lässt sich leicht der männliche Apparat ableiten, der sich ziemlich gleichförmig bei den meisten Säugethieren verhält (Fig. 545). Geschlechtshöcker und Sinus urogenitalis wachsen gemeinsam aus und erzeugen den von der Harnröhre durchsetzten Penis. Die Müller'schen Gänge schwinden und aus Wolff'schem Gang und Wolff'schem Körper entstehen die Ausführwege des Hodens: Vas deferens und Nebenhoden. Mit Ausnahme der *Monotremen* tritt eine Verlagerung der Hoden von ihrer der Lendengegend an-

gehörigen Ursprungsstätte ein; sie erfolgt nach abwärts längs eines zur Haut der Leistengegend ziehenden Bandes (Gubernaculum Hunteri) und ist unbedeutend bei den *Cetaceen, Elephanten* und manchen *Edentaten;* vielfach aber erreicht sie einen solchen Grad, dass die Hoden die Bauchhöhle verlassen und in peritoneale Bruchsäcke zu liegen kommen, welche in die Umgebung des Penis, in die Genitalwülste (Fig. 544 *ls*) oder den Hodensack, ausgestülpt werden. So lange der Bruchsack (Scheidencanal) sich nicht abgeschnürt hat, kann der Hoden zur Zeit der Geschlechtsthätigkeit, der Brunst, in die Leibeshöhle zurückgleiten, (bei *Beutelthieren, Nagern, Insectenfressern* etc.), was durch Verwachsung der Wände des Scheidencanals bei sehr vielen Säugethieren wie dem Menschen unmöglich gemacht wird. Anhänge des männlichen Geschlechtsapparats sind die Samenbläschen (an den Samengängen), ein Rest des Müller'schen Ganges (Uterus masculinus) und die Prostata, ein reichlicher Drüsenbesatz am Sinus urogenitalis.

Im weiblichen Geschlecht bildet sich allgemein der Wolff'sche Körper und Gang zurück, der Geschlechtshöcker und der Sinus urogenitalis bleiben klein, die Ovarien erfahren eine geringe Verlagerung und treten nicht aus der Leibeshöhle heraus, die Müller'schen Gänge endlich werden zu den Ausführwegen. In der Art, wie letzteres geschieht, ergeben sich grosse, systematisch wichtige Unterschiede. Bei den *Monotremen* münden beide Gänge völlig von einander getrennt in den Sinus urogenitalis; sie sind nur in zwei Theile differenzirt (Fig. 546), in die durch weite Oeffnungen (*o*) mit der Leibeshöhle in Verbindung stehenden Eileiter (*t*) und die Uteri (*u*). Bei den *Beutelthieren*

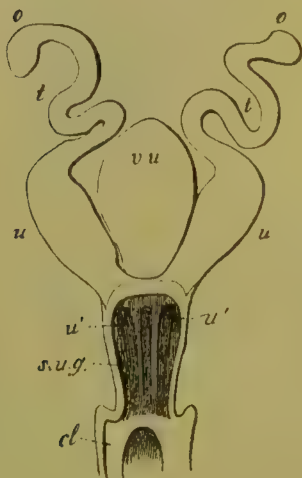


Fig. 546. Weiblicher Geschlechtsapparat von Ornithorhynchus. *o* Oeffnung, *t* Tuba (Eileiter), *u* Uterus, *u'* Mündung desselben in den Sinus urogenitalis, dazwischen die Harnblasenmündung, *vu* Harnblase, *sug* Sinus urogenitalis, *cl* Cloake.

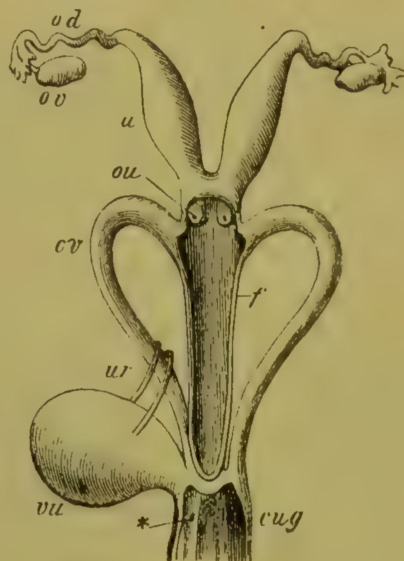


Fig. 547. Urogenitalsystem eines weiblichen Känguru (aus Gegenbaur). *ov* Ovar, *od* Oviduct, *u* Uterus, *ou* Mündung desselben in die Vagina, *f* verschmolzenes oberes Ende der linken und rechten Vaginen, *cv* getrennte untere Abschnitte derselben, *cug* Sinus urogenitalis, *vu* Harnblase, * Mündung derselben in den Sinus urogenitalis, *ur* Ureteren.

(Fig. 547) unterscheidet man drei Abschnitte, ausser Eileiter (*od*) und Uterus (*u*) noch die Scheide (*cv*); ferner bahnt sich bei ihnen eine Verschmelzung der Müller'schen Gänge der linken und rechten Seite an.

Die oberen, an den Uterus angrenzenden Enden der beiden Scheiden nähern sich und verwachsen bei einem Theil der Arten zu einem unpaaren Blindsack (*f*); von da aus trennen sich die henkelartig gestalteten unteren Enden (*cv*) von Neuem, um jeder für sich in den Sinus urogenitalis zu münden. Die bei den Beutelthieren vorbereitete Verschmelzung beider Scheiden ist bei allen placentalen Säugethieren zu Ende durchgeführt; dadurch sind Scheide und Sinus urogenitalis zu einem einheitlichen Canal geworden (Fig. 548.) Dagegen kann der Uterinabschnitt der Müller'schen Gänge noch getrennt sein (A. Uterus duplex vieler *Nagethiere*) oder er ist theilweise verschmolzen (B. Uterus bicornis der *Insectenfresser*, *Wale*, *Huf-* und *Raubthiere*) oder vollkommen einheitlich (C. Uterus simplex bei *Affen* und *Menschen*).

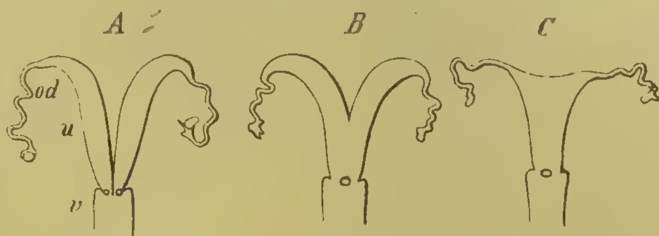


Fig. 548. *A* Uterus duplex, *B* Uterus bicornis, *C* Uterus simplex (aus Gegenbaur). *od* Oviduct, *u* Uterus, *v* oberes Ende der Vagina.

Wir haben soeben drei verschiedene Ausbildungsformen des weiblichen Geschlechtsapparats kennen gelernt, insofern die Scheide entweder noch nicht differenzirt ist (*Ornithodelphier*) oder doppelt (*Didelphier*) oder einfach und unpaar ist (*Monodelphier*). Diesen drei Typen entsprechen drei verschiedene Arten der Fortpflanzung. Die *Ornithodelphier* sind eierlegend, die *Didelphier* und *Monodelphier* sind zwar beide lebendig gebärend, unterscheiden sich aber durch die Dauer der Tragzeit. Die Eier aller lebendig gebärenden Säugethiere sind so klein (ca. 0,2 mm), dass sie eine totale, nahezu äquale Furchung erleiden. Derartige Eier bedürfen der Ernährung durch die Mutter, um einen Organismus von dem complicirten Bau eines Säugethiers zu liefern. Da nun bei den *Didelphiern* die Ernährung im Uterus eine sehr unvollkommene ist, ist auch die Tragezeit eine sehr kurze; sie beträgt, wenn wir Thiere von gleichem Körpergewicht in Vergleich stellen, nicht einmal so viele Wochen, wie Monate bei den *Monodelphiern*, bei denen durch Bildung der Placenta die Ernährungsbedingungen für den Embryo sich wesentlich vervollkommnet haben. Dem entsprechend werden bei den *Didelphieren*, den „*Aplacentalien*", die Embryonen in einem ausserordentlich viel unvollkommneren, hilfsbedürftigeren Zustand geboren und sind von viel geringerer Körpergrösse als bei den *Monodelphiern*, den „*Placentalien*".

Die Sorge für die Nachkommenschaft ist allen Säugethieren gemein und wird vorwiegend oder ausschliesslich vom Weibchen ausgeübt, welches seine Jungen nicht nur mit dem Secret der Milchdrüsen säugt, sondern auch gegen Angriffe vertheidigt und oft in warmen, wenn auch meist wenig kunstvollen Nestern unterbringt. Die meisten Säugethiere sind monogam, andere sind polygam, bei dritten kommt es überhaupt nicht zum dauernden Zusammenleben der Geschlechter. — Die Körpertemperatur ist eine constante (Homoeothermie, Warmblüter) und beträgt circa 36—41 ⁰ Cels. (bei *Echidna* nur 23 ⁰). Um sie aufrecht zu erhalten, bedürfen die meisten Säugethiere einer andauernden Ernährung. Von dieser Regel machen nur wenige eine Ausnahme, wie *Bären, Dachse, Siebenschläfer*, die in der kalten Jahreszeit einen Winterschlaf unterhalten und dann keine Nahrung mehr zu sich

nehmen. In diesem Falle tritt stets in Folge des herabgesetzten Stoffwechsels eine Abnahme der Körpertemperatur ein.

I. Unterclasse und Ordnung.

Monotremen, Cloakenthiere, Ornithodelphier, Ovomammalien.

Beschränkt auf Australien und Neuguinea leben wenige eigenthümliche Säugethierarten, die sich auf die drei Gattungen, *Echidna, Proechidna* und *Ornithorhynchus* vertheilen und sich schon dadurch von allen übrigen Säugethieren unterscheiden, dass sie dotterreiche, etwa 1 cm lange, weichschalige Eier legen. Letztere erfahren schon im Uterus des Weibchens die discoidale Furchung, werden dann aber weiter ausgebrütet, von *Ornithorhynchus* in einem Nest, von *Echidna* in einem zur Zeit der Fortpflanzung sich bildenden Brutbeutel am Bauch. Die jungen Thiere werden beim Verlassen der Eischalen von der Mutter gesäugt und zwar mit dem Secret von Schweissdrüsen, die auf einem vertieften, einen Theil des Brutbeutels bildenden Feld der Bauchhaut, der Mammartasche, münden und zum Unterschied von den Milchdrüsen der übrigen Säugethiere Mammardrüsen heissen, weil sie nicht wie jene modificirte Talgdrüsen sind. Weitere Unterschiede zu den übrigen Säugethieren, welche zugleich Aehnlichkeiten zum Theil mit den Reptilien, zum Theil mit den Vögeln darstellen, sind die starke Ausbildung des Episternum und der das Sternum erreichenden Coracoidea (Fig. 539), die Cloakenbildung in beiden Geschlechtern und die specifisch vogelähnliche Beschaffenheit der weiblichen Geschlechtsorgane (*Ornithodelphia*), an denen das linke Ovar kräftiger ausgebildet ist und ein Unterschied von Uterus und Scheide noch fehlt. Alles das darf uns nicht vergessen lassen, dass die *Monotremen* das Haarkleid, die Schädelbeschaffenheit und den Sinus urogenitalis echter Säugethiere haben und in der Anwesenheit der Beutelknochen auf dem Becken (Fig. 549) sogar eine nähere Verwandtschaft mit den Beutelthieren bekunden. — Dentinzähne fehlen bei ausgebildeten Thieren; doch finden sich bei jungen Ornithorhynchen noch acht kleine Backzähne, ehe sie von den plattenartigen Hornzähnen ersetzt werden. — Die Männchen besitzen einen Sporen mit einer Drüse an den Hinterfüssen, der in eine correspondirende Vertiefung am Schenkel des Weibchens passt und wahrscheinlich bei der Begattung eine Rolle spielt.

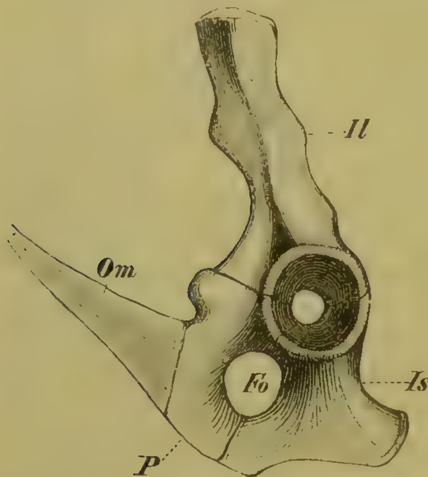


Fig. 549. Linksseitige Ansicht des Beckens von Ornithorhynchus paradoxus (aus Wiedersheim). *Il* Ileum, *Is* Os ischii, *P* Os pubis, *Om* Os marsupiale.

1. *Echidniden,* Ameisenigel; Körper mit Stacheln bedeckt, Schnauze verlängert, zahnlos, mit wurmförmiger Zunge, die zum Insectenfang dient; die meist fünfzehigen Füsse mit starken Scharrkrallen. *Echidna histrix* Cuv., Australien. *E. setosa* Cuv., Vandiemensland. *Proechidna bruijni* Ger., Neu-Guinea. — 2. *Ornithorhynchiden,* Schnabelthiere; zahnlose, im Wasser

„grundelnde", dicht behaarte Thiere mit Hornscheiden an den Kiefern, welche an einen Entenschnabel erinnern, und 4 zahnartigen Hornplatten; die fünfzehigen Füsse mit breiter, besonders an den Vorderfüssen gut entwickelter Schwimmhaut. *Ornithorhynchus paradoxus* Blumb. in Südaustralien (Fig. 550).



Fig. 550. Ornithorhynchus paradoxus (aus Schmarda).

II. Unterclasse.

Marsupialier, Didelphier, Beutelthiere.

Die Beutelthiere sind wie die übrigen Säugethiere lebendig gebärend. Ihre Eier sind klein, haben eine totale Furchung und entwickeln sich im Uterus der Mutter, indem sie durch Ausscheidungen von der Wand desselben ernährt wenden. Da aber noch keine innigere Vereinigung mit der Uterusschleimhaut zu Stande kommt, fällt die Ernährung ungenügend aus, und werden die jungen Thiere in völlig hilflosem Zustand geboren. Sie werden daher von der Mutter noch längere Zeit im Marsupium getragen, einem durch eine Hautfalte gebildeten Beutel in der unteren Bauchgegend, an dessen Grund die Zitzen der Milchdrüsen münden. Zur Stütze der Bauchdecken dienen die Beutelknochen, schlanke Knochenstäbe, welche links und rechts von der Symphyse auf dem Schambein aufsitzen. Weitere sehr charakteristische Merkmale des Beutelthierskelets sind der Winkel des Unterkiefers, welcher hakenartig nach innen eingebogen ist (Fig. 551 *a*), und der rudimentäre Zahnwechsel, im Laufe dessen höchstens ein Praemolarzahn erneuert wird. Da der Damm nur unvollkommen entwickelt ist, wird eine Cloake durch eine grubenförmige Vertiefung, in welcher Urogenitalapparat und Darm münden, noch schwach angedeutet. Oviducte und Uterus der linken und rechten Seite sind vollkommen getrennt, die Scheiden dagegen können eine Strecke weit verschmolzen sein, um sich von Neuem zu trennen (Fig. 547), so dass sie stets unabhängig von einander in den Sinus urogenitalis münden (*Didelphier*). Mit der paarigen Beschaffenheit der Scheide hängt es zusammen, dass auch der Penis des Männchen am Ende zweigetheilt ist.

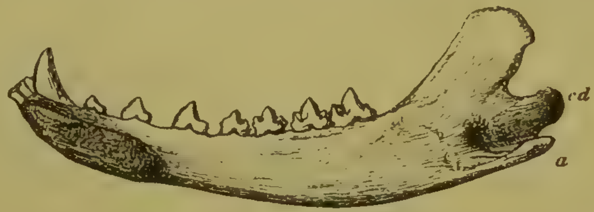


Fig. 551. Unterkiefer von Thylacinus cynocephalus von innen, *a* der für die Beutelthiere charakteristische Unterkieferfortsatz; *cd* Gelenkfläche (nach Flower).

In der Secundär- und Tertiärzeit waren die Beutelthiere über den ganzen Erdball verbreitet, wurden aber immer mehr von den placentalen Säugethieren verdrängt und erhielten sich nur in Resten (Familie der *Beutelratten*) in Amerika und in reichlicher Entfaltung in Australien. In

Australien konnten sie fortexistiren, weil in diesem frühzeitig von den übrigen Continenten abgelösten Erdtheil die Ausbildung placentaler Säugethiere unterblieb. Letztere fehlen in Australien mit Ausnahme der von dem Menschen eingeführten Formen und von solchen Arten, welche, wie Mäuse, Fledermäuse, Robben, leicht von Insel auf Insel überwandern. In ihrem jetzigen Verbreitungsgebiet haben die Beutelthiere in Anpassung an ähnliche Existenzbedingungen eine völlig analoge Entwicklung genommen wie die placentalen Säugethiere auf dem übrigen Erdball, so dass man zu den Ordnungen der letzteren (Raubthieren, Nagethieren, Insectenfressern, Hufthieren) vollkommene Parallelgruppen aufstellen kann.

II. Ordnung. Zoophagen, Fleischbeutler.

Zahlreiche Beutelthiere — darunter die ältesten Formen — haben ein auf thierische Nahrung eingerichtetes Gebiss: stark entwickelte Eckzähne und spitzhöckerige Backzähne. (Fig. 551.) Genauer betrachtet erinnern die Zähne und so auch das ganze Aeussere der Thiere bald mehr an Raubthiere, bald mehr an Insektenfresser.

1. Raubbeutler sind die *Dasyuriden: Dasyurus viverrinus* Geoffr., der Beutelmarder, und die selbst grösseren Säugethieren gefährlichen Beutelbären, *Sarcophilus ursinus* Geoffr., und Beutelwölfe, *Thylacinus cynocephalus* A. Wagn. — 2. Insectivorenähnlich sind die *Perameliden: Perameles nasutus* Geoffr. — 3. Dem Gebiss nach den Raubbeutlern ähnlicher als den Insectivoren sind die auf Amerika (vorwiegend Südamerika) beschränkten *Didelphyiden* oder Beutelratten, charakterisirt durch den Greiffuss, welcher mit seinem opponirbaren Daumen an den Greiffuss der Affen erinnert. *Didelphys virginiana* Shaw., Opossum, über Nord- und Südamerika verbreitet.

III. Ordnung. Phytophagen. Pflanzenbeutler.

Die herbivore Ernährungsweise spricht sich bei den Pflanzenbeutlern vor Allem in der Rückbildung der Eckzähne aus, welche im Unterkiefer gewöhnlich fehlen und im Oberkiefer mindestens sehr klein bleiben. Ferner trägt der Unterkiefer nur zwei Schneidezähne von ganz auffallender Grösse.

1. Die Stelle unserer Nagethiere nehmen die *Phascolomyiden* ein: *Phascolomys Wombat* Pér. et Lés., keine Eckzähne, jederseits im Ober- und Unterkiefer nur 1 langer Schneidezahn (vergl. Rodentien). — An die Hufthiere erinnern die heerdenweise auf Wiesen weidenden *Macropodiden*, Springbeutler, bei denen jederseits 3 Schneidezähne und 1 kleiner Eckzahn im Oberkiefer stehen. Bei der Kleinheit der Vorderextremitäten sind die Thiere gezwungen, mit Hilfe ihres kräftigen Schwanzes und der starken Hinterbeine zu springen. *Macropus giganteus* Shaw., Riesenkänguruh. Am wenigsten ausgesprochen ist das herbivore Gebiss bei den *Phalangistiden*, welche nach Art der Eichhörnchen vorwiegend von Früchten leben. *Petaurus sciureus* Desm., Beuteleichhorn, mit einer Flughaut, welche vordere und hintere Extremität verbindet.

III. Unterclasse.

Placentalier.

Der Grund, weshalb wir die Säugethiere der alten Welt und die überwiegende Mehrzahl der in Amerika lebenden Formen als „Placentalier“ zusammenfassen, ist zunächst ein entwicklungsgeschichtlicher, die Anwesenheit der Placenta. Wenn sich beim Embryo Serosa, Amnion und Allantois entwickelt haben, breiten sich die Gefässe der letzteren in der äusseren Hülle unter der Serosa aus und bilden mit dieser das Chorion, welches in die ausserordentlich blutgefässreich gewordene Uterusschleimhaut der Mutter verästelte Zotten eintreibt, um aus ihr Nahrung zu saugen, wie ein Baum mit seinen Wurzeln Nahrung aus der Erde saugt. So entsteht das Chorion frondosum, die diffuse Placenta (Fig. 552), welche bei den *Cetomorphen, Perissodactylen* und manchen *Artiodactylen* bis zum Ende des Embryonallebens beibehalten wird, bei den übrigen Säugethieren aber den vervollkommneteren Einrichtungen der Pl. cotyledonaria, Pl. discoidalis und zonaria Platz macht. Den letzteren ist gemeinsam, dass das Chorion an den meisten Stellen seine Zotten verliert (Chorion laeve), an bestimmten Stellen aber sie dafür um so kräftiger entwickelt. Diesen zottenreichen Stellen (Pl. foetalis) entsprechen Stellen der Uterinschleimhaut, die durch ihren enormen Blutgefässreichthum von der Umgebung abstechen (Pl. uterina). Die Placenta cotyledonaria (die meisten *Wiederkäuer*) nun besteht aus vielen kleinen derartigen Placentarstellen, den Cotyledonen (Fig. 553), die Pl. zonaria und discoidalis jedesmal aus einem einzigen Herd, welcher im ersteren Fall (*Raubthiere*) wie ein breiter Gürtel die tonnenförmige Frucht umgiebt, im zweiten Fall (Rest der Säugethiere) eine Scheibenform hat. Durch diese Beschränkung der Nährvorrichtungen auf einen eng begrenzten Bezirk wird die correspondirende Partie des Uterus, die ebenfalls ring- oder scheibenförmige Placenta uterina, viel intensiver umgeändert, als bei der Pl. diffusa oder selbst der Pl. cotyledonaria. Während bei letzteren beiden zum Schluss des Gebäracts die Placentarzotten aus der Schleimhaut sich herausziehen, ohne dass diese dabei verletzt wird (*Indeciduaten*), wird bei der Ring- und Scheibenplacenta gewöhnlich der oberflächlichste Theil der Schleimhaut, die hinfällige Haut oder Decidua, mit abgelöst und die Placenta uterina durch diese Verletzung in eine grosse blutende Wunde verwandelt, deren Verschluss durch die energische Contraction des Uterus angebahnt wird (*Deciduaten*).

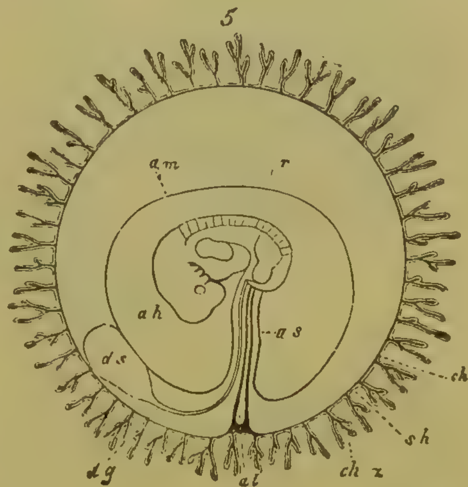


Fig. 552. Schema einer jungen Säugethierfrucht mit Chorion frondosum. *am* Amnion, *ah* Amnionhöhle, *as* Nabelschnur, *r* Raum zwischen Chorion und Amnion, *ch* Chorion, *sh* Serosa, *chz* Chorionzotten, *al* Allantois, *ds* Dottersack, *dg* Dottergang.

Da der Säugethierembryo bei der Geburt mit der Placenta foetalis und den übrigen Abschnitten der Eihäute durch die Nabelschnur (Funi-

culus umbilicalis) zusammenhängt, muss er von ihr gelöst werden, was bei den Thieren durch Abbeissen von Seiten der Mutter geschieht. Ein dabei am jungen Thier verbleibender Rest der Nabelschnur wird durch Wundheilung, die zur Bildung des Nabels führt, abgestossen. — Die besprochenen, entwicklungsgeschichtlichen Unterschiede hat man versucht, systematisch zu verwerthen, um namentlich *Deciduaten* und *Indeciduaten* einander gegenüberzustellen; man ist davon mehr und mehr wieder zurückgekommen.



Fig. 553. Trächtige Gebärmutter einer Kuh geöffnet (aus Balfour nach Colin). *V* Vagina, *U* Uterus, *Ch* Chorion, C^1 Cotyledonen der Uterinplacenta, C^2 Cotyledonen der Fötalplacenta.

Neben den Placentaleinrichtungen verdienen bei der Charakteristik der höheren Säugethiere noch einige anatomische Merkmale Beachtung: völliger Schwund der Cloakenbucht, unpaare Beschaffenheit der Scheide und demgemäss auch der Penisspitze, Mangel der Beutelknochen und des Fortsatzes am Unterkieferwinkel, höhere Entwicklung des Gebisses. Letzteres ist Gegenstand einer fortschreitenden, divergenten Entwicklung geworden, so dass die Unterschiede in den Arten der Bezahnung viel ausgesprochener sind als bei den Beutelthieren und daher auch in erster Linie zur Abgrenzung der Ordnungen verwandt werden.

IV. Ordnung. Edentaten, Zahnlücker.

Einige wenige, artenarme Familien werden unter dem Namen Edentaten, Zahnlücker, zusammengefasst, weil die Bezahnung fehlt oder — was viel häufiger zutrifft — in offenkundiger Rückbildung begriffen ist. Fast nie treten Schneide- und Eckzähne auf: Backzähne können zwar in grosser Zahl vorhanden sein — *Dasypus* (*Priodon*) *gigas* besitzt nahe an 100 Backzähne —, aber sie sind schlecht bewurzelt, schmelzlos und entbehren des Zahnwechsels (monophyodont). Da das Capschwein (*Orycteropus*) und ein Gürtelthier (*Tatusia*) noch ein Milchgebiss besitzen, kann der Mangel des Zahnwechsels nur durch Rückbildung erklärt werden, wie denn überhaupt Rückbildung vielfach wohl Ursache der niedrigen Organisation ist, was die Beurtheilung der systematischen Stellung der Thiere erschwert. — Auffällig ist die grosse Zahl der Sacralwirbel, 5—8 bei Faulthieren, 8—13 bei Gürtelthieren, 3—6 bei Scharrthieren.

I. Unterordnung. *Effodientien*, Thiere mit kräftigen Scharrkrallen, langem Schwanz und langer, wurmförmiger, klebriger Zunge, mit welcher sie Ameisen und Termiten aus ihren zerstörten Bauten fangen. *Manis*

laticaudata Shaw., Schuppenthier, Indien, zahnlos mit dachziegelartigen Hornschuppen. *Orycteropus capensis* Geoff., Capschwein mit langer Schnauze, borstigem, spärlichem Haar, mit kleinen Backzähnen und rudimentärem Milchgebiss, Afrika. Die wegen ihrer langen Zunge und zahnlosen Kiefer früher hierher gerechneten Ameisenbären Brasiliens (*Myrmecophaga jubata* L.) sind thiergeographisch und nach ihrem Bau viel näher mit den Faulthieren verwandt.

II. Unterordnung. *Cingulaten*, Gürtelthiere, ausschliesslich südamerikanisch, insectenfressend; Rücken mit Schienen fest gefügter Knochenplatten gepanzert; zahlreiche Backzähne. *Dasypus gigas* Cuv. Nahe verwandt die riesigen, diluvialen *Glyptodonten.*

III. Unterordnung. *Bradypoden*, Faulthiere, mit spärlichen Zähnen. rauhem, langhaarigem Fell, kleinem, rundem Kopf, rudimentärem Schwanz, in der Gestalt an Affen erinnernd. Die Thiere hängen sich mit ihren langen sichelförmigen Krallen an Baumäste, das Laub fressend; sie sind wie die diluvialen Riesenfaulthiere (*Megatherium Cuvieri* Desm.) auf Südamerika beschränkt. *Bradypus tridactylus* Cuv., mit 9 Halswirbeln, *Choloepus didactylus* Ill., mit 6 Halswirbeln.

V. Ordnung. Cetomorphen, Walthiere, Meersäugethiere.

Zwei in ihrem Bau sich wesentlich von einander unterscheidende Gruppen der Säugethiere, die *Seekühe* und die *Walfische*, haben sich dem Aufenthalt im Wasser so vollkommen angepasst, dass sie auf dem Land nur vorübergehend oder überhaupt nicht mehr zu leben vermögen. Dabei sind die Thiere so fischähnlich geworden, dass die *Walfische* von Laien vielfach noch jetzt, wie früher von den Fachzoologen, für echte Fische gehalten werden. Kopf und Rumpf sind gegen einander kaum abgesetzt, da sich die Halsregion in Folge von Verkürzung und oft auch Verschmelzung der Halswirbel äusserlich nicht mehr bemerkbar macht. Die hinteren Extremitäten und das Becken mit Ausnahme kleiner Darmbeinrudimente fehlen, wesshalb auch Sacral- und Lumbalwirbel nicht mehr unterschieden sind. Die vorderen Extremitäten sind flossenförmig und werden beim Rudern von einer Schwanzflosse unterstützt, welche horizontal gestellt, nur von fibrösem Gewebe gestützt und daher anatomisch mit der Schwanzflosse der Fische nicht gleichwerthig ist. Die Haut enthält nur spärliche Haare, ja bei manchen Walfischen kommt es sogar vor, dass die beim jungen Thier nur in der Nachbarschaft des Mundes vorhandenen Haare gänzlich verloren gehen.

I. Unterordnung. *Sirenen, Seekühe.* Die Sirenen bewohnen das flache Wasser des Meeres — seltener der Flussufer — und grasen hier die Tangwälder mit ihren gewaltigen, von Hornplatten bedeckten Kiefern ab. Die Bezahnung kann ganz fehlen oder ist mangelhaft. Am häufigsten erhalten sich die schmelzfaltigen, an das Gebiss der Ungulaten erinnernden Backzähne, während die Schneidezähne fehlen oder wenigstens functionsunfähig sind und nur beim männlichen *Dugong* sich als ein Paar kräftiger, beim Weibchen rudimentärer Hauer im Zwischenkiefer entwickeln. Die Flossen haben öfters noch Nagelrudimente und stets ein bewegliches Ellenbogengelenk. Die Zweizahl der Milchdrüsen und ihre Lage an der Brust erklärt es, wie man die ungeschlachten Thiere für Mischwesen zwischen Mensch und Fisch hat halten können. *Manatus americanus* Desm. mit nur 6 Halswirbeln. *Halicore Dugong* Quoy et Gaim., Männchen hat zwei

grosse Stosszähne im Zwischenkiefer. *Rhytina Stelleri* Cuv., zahnlos, ganz ausgerottet.

II. Unterordnung. *Cetaceen, Walfische.* Die Fischähnlichkeit der meist riesigen Thiere wird dadurch gesteigert, dass dieselben das freie Meer bewohnen — *Inia boliviensis* d'Orb. und *Platanista gangetica* Cuv. die Flüsse —, dass ihre von vielen nahezu gleichförmigen Stücken gestützten Flossen nur noch im Schultergelenk bewegt werden können und dass zur Schwanzflosse meist noch eine Rückenflosse tritt. Für den gänzlichen Mangel der Haare bieten die dicken, subcutanen Fettschichten (Thran) einen Ersatz; sie erleichtern zugleich das specifische Gewicht des Körpers ebenso wie die Fettmassen, welche die lockeren Knochen durchsetzen. Um den Thieren, während sie Nahrung aufnehmen, das Luftathmen zu ermöglichen, erhebt sich der Kehlkopf thurmartig in den Rachen und legt sich, umschlossen vom muskulösen Gaumensegel, an die Choanen an, von denen die Nasengänge fast senkrecht zur paarigen oder unpaaren äusseren Nasenöffnung aufsteigen. Indem die wasserreiche, mit Gewalt herausgepresste Athemluft beim Ausathmen („Blasen") sich abkühlt, entsteht eine Fontaine kleinster Wassertheilchen, die früher für einen Wasserstrahl gehalten wurde. — Die Augen sind klein, Ohrmuscheln fehlen, die Milchdrüsen liegen dicht an der Geschlechtsöffnung. Die Zähne sind entweder in sehr grosser Zahl vorhanden, gleichartig, hechelförmig, monophyodont (**Denticete**), oder sie werden zwar angelegt, frühzeitig aber wieder resorbirt und durch die das Fischbein liefernden Barteln ersetzt (**Mysticete**). Diese sind mächtige, bei grossen Thieren bis zu 12' lange Hornplatten (Fig. 554 *ba*), die mehrere hundert an Zahl hinter einander in einer linken und rechten Reihe vom Gaumen entspringen und bis zur dicken Zunge (*tu*) herunterreichen. Am Innenrand ausgefranst, bilden sie eine Reuse zum Zurückhalten kleiner Meeresthiere (*Clio borealis,* Pteropode, und *Cetochilus septentrionalis,* Copepode). Der Schlund ist zu eng, als dass eine Ernährung durch grössere Fische möglich wäre.

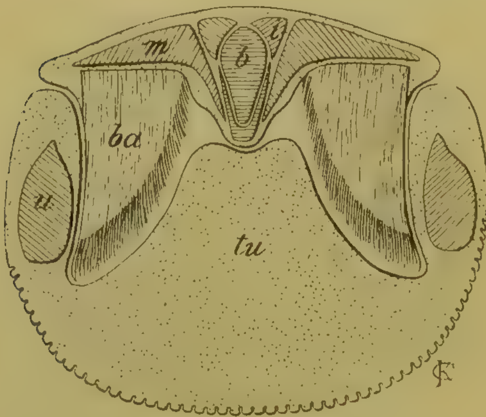


Fig. 554. Querschnitt durch den Vorderkopf eines Bartenwals (Schema nach Delage). *b* Knorpeliges Septum narium mit Vomer, *i* hinteres Ende des Zwischenkiefers, *m* Oberkiefer, *u* Unterkiefer, *ba* Barteln, *tu* Zunge.

1. *Denticeten,* Zahnwale: *Delphinus delphis* L., Delphin, *Monodon monoceros* L., Narwal mit einem ca. 2 Meter langen Stosszahn (Veranlassung zur Sage vom Einhorn), *Physeter macrocephalus* Lac., 60' lang, liefert das Walrat, eine ölartige Masse, die besonders in einem Hohlraum oberhalb des Schädels lagert, ferner das Ambra, welches sich im Darm bildet. 2. *Mysticeten,* Bartenwale, wegen des Fischbeins und des Thrans gejagt: *Balaena mysticetus,* 50' lang, *Balaenoptera musculus,* 70' lang. 3. *Zeuglodonten,* tertiäre ausgestorbene Thiere mit differenzirter Bezahnung.

VI. Ordnung. Ungulaten, Hufthiere.

Unter dem Namen „Ungulaten" oder „Hufthiere" sollen hier zwei Gruppen von Säugethieren vereint werden, welche viele Zoologen als

selbständige Ordnungen neben einander aufführen, die *Perissodactylen* und die *Artiodactylen*. Sie stammen von gemeinsamen Urformen, den *Condylarthren*, ab und besitzen eine grössere Summe gemeinsamer Merkmale. *Perissodactylen* wie *Artiodactylen* sind vorwiegend Pflanzenfresser; ihre Eckzähne sind selten gut entwickelt, ihre Backzähne zahlreich, zum Zermahlen der Nahrung eingerichtet, mehr oder minder abgeflacht und vielfach schmelzfaltig. Die Milchdrüsen sind inquinal; der Uterus ist zweihörnig, die Placenta eine diffuse, die sich nur bei manchen *Artiodactylen* (den meisten *Wiederkäuern*) zur Cotyledonenplacenta höher entwickelt. Die Extremitäten dienen ausschliesslich zum meist schnellen Lauf, wesshalb das Schlüsselbein im Interesse einer freieren Beweglichkeit der vorderen Extremität rudimentär ist oder fehlt und die Füsse vorwiegend nur mit den in H u f e n s t e c k e n d e n Z e h e n s p i t z e n den Boden berühren (Zehengänger); die Extremitäten sind ferner vorzüglich eingerichtete Trageapparate des Körpers und zeigen als solche im Unterarm und Unterschenkel dieselbe Tendenz zu einheitlicher Gestaltung der Knochen, welche wir schon oben (S. 521) für die hintere Extremität der Vögel besprochen haben. Immer mehr werden innerhalb bei den Gruppen Radius und Tibia die Hauptstützen der Extremität, die Fibula dagegen rudimentär; die Ulna erhält sich zwar leidlich gut, bald in ganzer Ausdehnung, bald nur in ihrem oberen, dem Muskelansatz dienenden Ende, verschmilzt aber mehr oder minder mit dem Radius. Dieselbe Tendenz zur Vereinfachung beherrscht auch das Hand- und Fussskelet, äussert sich aber in ganz anderer Weise bei den *Perissodactylen*, den Unpaarhufern, als bei den *Artiodactylen*, den Paarhufern. Bei den *Perissodactylen* fällt die Drucklinie des Körpers genau auf die Mittelzehe und veranlasst diese zu kräftigem Wachsthum, während die übrigen Zehen symmetrisch zu dieser Mittellinie verschwinden: da schon frühzeitig die erste Zehe verloren gegangen (Fig. 555) ist, wird zunächst Zehe *V* (Fig. 556), dann Zehe *II* und *IV* rückgebildet, so dass schliesslich nur das Skelet und der Huf der Mittelzehe (Pferd, Fig. 557) erhalten bleibt, vom Skelet der übrigen Zehen

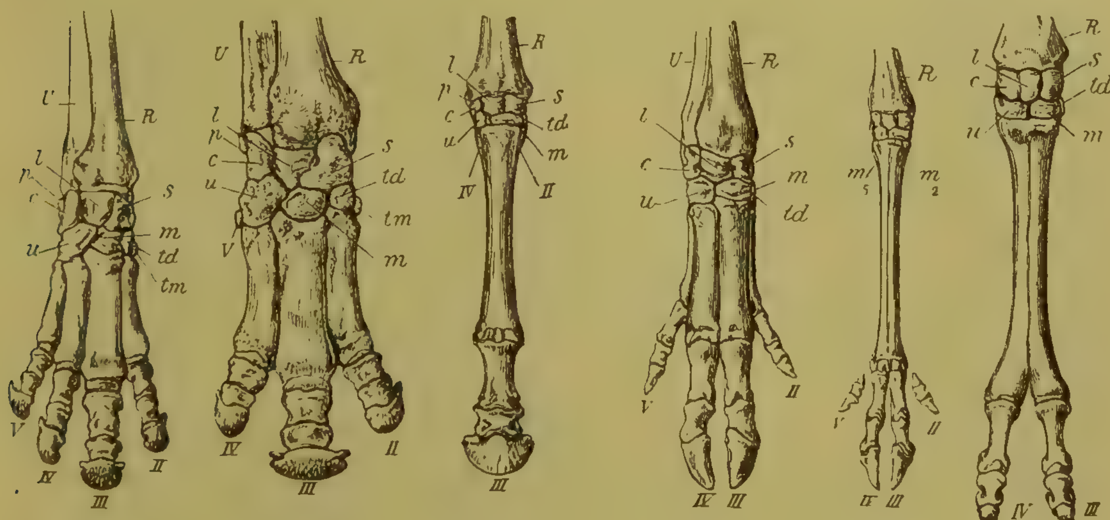


Fig. 555. Tapir. Fig. 556. Nashorn. Fig. 557. Pferd. Fig. 558. Schwein. Fig. 559. Hirsch. Fig. 560. Kameel.

Fussskelet der vorderen Extremität Fig. 555—557 von Perissodactylen, Fig. 558—560 von Artiodactylen. — *U* Ulna, *R* Radius, *s* Scaphoid (Radiale), *l* Lunatum (Intermedium), *c* Triquetrum (Radiale), *p* Pisiforme; *tm* Trapezium, *td* Trapezoid, *m* Capitatum, *u* Hamatum, m^2 m^5 Rudimente des Metacarpus *II* und *V*; *II*—*V* die zweiten bis fünften Finger (nach Flower).

nur Reste (die Griffelbeine *II* und *IV*). — Bei den *Artiodactylen* fällt die Drucklinie zwischen die Zehen *III* u. *IV* (Fig. 558), welche gemeinsam den Körper tragen, daher gleich stark werden und zum Zeichen ihrer einheitlichen Function verschmelzen, wenn auch nicht die Zehen selbst, so doch die zugehörigen Metacarpen und Metatarsen (Fig. 559 und 560). Die Figuren 558—560 zeigen, wie die Zehen *II* u. *V* — Zehe *I* ist auch hier schon früher verloren gegangen — successive schwinden. — Indem man nun unter Benutzung eines reichlichen paläontologischen Materials im Einzelnen genauer verfolgte, in welcher Weise sich die *Artiodactylen* und *Perissodactylen* phylogenetisch entwickelt haben, ist man zu dem Resultat gelangt, dass beide Gruppen divergente Reihen bilden, welche sich frühzeitig von einander getrennt haben. In jeder Reihe sind die meisten der oben erläuterten gemeinsamen Merkmale selbständig entstanden, so dass man sagen kann, dass der so einheitlich erscheinende Habitus der Ungulaten von *Perissodactylen* wie *Artiodactylen* unabhängig erworben wurde und somit nur eine Folge convergenter Züchtung ist.

I. Unterordnung. *Perissodactylen, Unpaarhufer.* Das Gebiss zeichnet sich dadurch aus, dass die mehr oder minder stark schmelzfaltigen Praemolaren und Molaren von gleicher Grösse sind. Das zweite wichtigere Merkmal der Gruppe ist die dominirende Entwicklung der Mittelzehe unter Rückbildung der beim Tragen minder betheiligten übrigen Zehen, ein Process, der bei den drei hierher gehörigen Familien verschieden weit gediehen ist. — 1. *Tapiriden:* 4 Zehen am Vorderfuss, 3 am Hinterfuss; Zähne $\frac{3\,1\,4\,3}{3\,1\,4\,3}$, Nase rüsselartig verlängert. *Tapirus americanus* L., *T. indicus* Desm. — 2. *Rhinocerontiden:* 3 Zehen an Vorder- und Hinterfüssen, Zähne $\frac{2\,0\,4\,3}{2\,0\,4\,3}$; auf den Nasenbeinen sitzen 1—2 mächtige, nur aus Horn bestehende Aufsätze, Haut haarlos, gewaltig verdickt — daher wurden die Thiere früher als *Pachydermen* mit Elephant und Nilpferd vereint. *Rhinoceros bicornis* L. (africanus), *R. unicornis* L. (indicus); *R. tichorhinus* Cuv., behaart, diluvial. — 3. *Equiden:* vorn und hinten nur 1 Zehe, Reste von Zehe 2 und 4 als Griffelbeine, Zähne $\frac{3}{3}\frac{1}{1}\frac{3}{3}\frac{3}{3}$. *Equus caballus* L.; Pferd, *E. asinus* L., Esel, letzterem verwandt *E. quagga* Gmel., *E. zebra* L.; Bastarde von Pferd und Esel sind *E. mulus,* Maulthier, und *E. hinnus,* Maulesel (Hengst und Eselin).

II. Unterordnung. *Artiodactylen, Paarhufer.* Abgesehen von der paarigen Beschaffenheit der Zehen stimmen alle Artiodactylen darin überein, dass die 3—4 Praemolaren kleiner sind als die 3 Molaren und auch nicht mehr überall vollzählig ausgebildet werden. Die Unterordnung ist viel mannichfaltiger als die der Unpaarhufer, so dass man in ihr zwei Gruppen unterscheiden muss: die ursprünglicher gebauten schweineartigen Thiere (*Non-Ruminantien*) und die mehr specialisirten Wiederkäuer (*Ruminantien*).

I. *Non-Ruminantien.* Die Thiere sind omnivor und haben daher ein vollkommen entwickeltes Gebiss $\frac{2-3\ \ 1\ \ 4\ \ 3}{1-3\ \ 1\ \ 4\ \ 3}$; besonders sind die Eckzähne oft zu Hauern entwickelt; der Magen ist meist einfach, seltener ist er schon (*Dicotyles, Hippopotamus*) in 3 Abtheilungen zerlegt, obwohl kein Wiederkäuen stattfindet. Das Extremitätenskelet ist noch wenig modificirt, 4 Zehen vorhanden, Ulna und Fibula nicht rückgebildet, Metacarpen und Metatarsen nicht verwachsen. 1. *Hippopotamiden,* alle 4 Zehen berühren den Boden, „pachyderme Haut", schwerfälliger Körperbau: *Hippopotamus*

amphibius L. 2. *Suiden*, 2 tragende, 2 Afterzehen, Haut mit Borsten, Schnauze rüsselartig verlängert: *Sus scrofa* L., Schwein, z. Th. noch in wildem, z. Th. in domesticirtem Zustand lebend.

II. *Ruminantien*. Der ausschliesslich pflanzlichen Nahrung ist Magen und Gebiss vorzüglich angepasst. Der Magen (Fig. 561) zerfällt in zwei Abschnitte, von denen ein jeder wieder zweigetheilt ist. Der erste Abschnitt nimmt das mit den Schneidezähnen des Unterkiefers abgerissene Gras in Empfang; es ist der Rumen oder Pansen (*1*) mit dem ansitzenden Reticulum oder Netzmagen (*2*). Während der Ruhe des Thieres steigt die eingeweichte Kost in die Mundhöhle zurück, um „wiedergekäut" zu werden. So zerkleinert, gelangt die Speise durch eine Rinne, die durch eine Falte zur Röhre abgeschlossen wird (*c*), in den zweiten Hauptabschnitt, zunächst in eine Art Filter, in den mit hohen Längsfalten ausgerüsteten Omasus, Blättermagen oder Psalterium (*3*), dann erst in den die Labdrüsen enthaltenden Labmagen, Abomasus (*4*). Im Gebiss sind meistens nicht nur die oberen Eckzähne, sondern auch die oberen Schneidezähne rückgebildet, während im Unterkiefer die Schneidezähne sehr kräftig sind und die Eckzähne die Form und Stellung von Schneidezähnen angenommen haben. — Mit wenigen Ausnahmen haben die Wiederkäuer auffallend grosse, mit Aufsätzen bewehrte Stirnbeine. Die Aufsätze — ausschliesslich oder doch am kräftigsten im männlichen Geschlecht entwickelt — sind im einfachsten Fall (*Giraffen*) mit Fell bedeckte Knochenauswüchse — oder es sind Knochenzapfen, die umhüllt und verlängert werden durch feste Hornscheiden (Hörner der *Cavicornier*) — oder endlich es sind Knochenzapfen, welche Geweihe tragen (*Cerviden*). Geweihe sind Knochenwucherungen, die sich gegen den tragenden Knochenzapfen (Rosenstock) mittelst einer Verbreiterung (Rose) absetzen; anfänglich von Haut überzogen, streifen sie die schützende Hülle (den trocken gewordenen „Bast") ab, trocknen in Folge dessen selbst aus und müssen daher alljährlich erneuert werden, wobei sich meist die Zahl der Endäste um eine Spitze vermehrt. 1. *Tylopoden*, Kameele, ohne Blättermagen, ohne Stirnaufsätze, Zähne $\frac{1\,1\,3\,3}{3\,1\,2\,3}$: *Camelus bactrianus* Erxl., zweihöckriges Kameel; *C. Dromedarius* Erxl., Dromedar, einhöckerig; *Auchenia lama* Desm., Lama. — 2. *Camelopardaliden* mit hautbedeckten Stirnhöckern, $\frac{0\,0\,3\,3}{3\,1\,3\,3}$: *Camelopardalis giraffa* Schreb., Giraffe. — 3. *Cavicornier* mit Hörnern, $\frac{0\,0\,3\,3}{3\,1\,3\,3}$: a) *Bovinen: Bos taurus* L., Rind (Urformen: *B. primigenius*, Auerochs, *B. longifrons*, *B. frontosus*); *Bison europaeus* Ow., Wisent (fälschlich auch Auerochs genannt). b) *Ovinen: Ovis aries* L., Widder; *Capra hircus* L., Hausziege; *C. ibex* L., Steinbock; c) *Antilopinen: Antilope rupicapra* Sund., Gemse. — 4. *Cerviden* mit Geweihen nur im männlichen Geschlecht, welches meist auch den oberen Eckzahn bewahrt: *Cervus elaphus* L., Edelhirsch; *C. capreolus* L., Reh; *C. alces* L.,

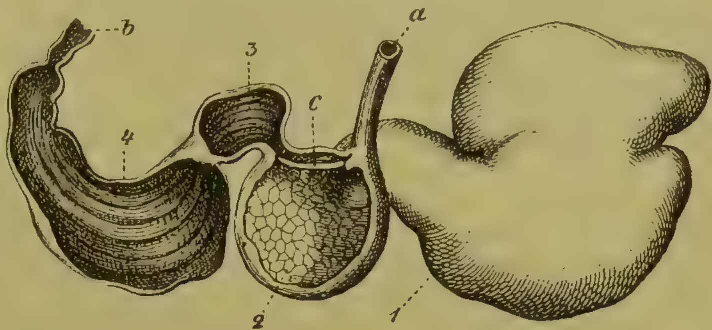


Fig. 561. Magen des Schafes (aus Leunis-Ludwig). *a* Speiseröhre, *b* Dünndarm, *c* Klappe, welche die Speise aus der Speiseröhre direct in den zweiten Hauptabschnitt des Magens überleitet. *1* Pansen, Rumen, *2* Netzmagen, Reticulum, *3* Blättermagen, Omasus, Psalterium, *4* Labmagen, Abomasus.

Elch; *Rangifer tarandus* Sm., Rennthier, Geweih in beiden Geschlechtern. — 5. *Moschiden*, den Hirschen verwandt, ohne Geweih: *Moschus moschiferus* L., rehartig, Männchen mit grossen Eckzähnen des Oberkiefers und mit Moschusbeutel zwischen Nabel und Praeputium.

Paläontologie der Ungulaten.

Reiche paläontologische Funde aus dem Tertiär, besonders in Amerika, haben die Stammesgeschichte der Hufthiere aufgehellt und es sehr wahrscheinlich gemacht, dass die fünfzehigen, mit gut ausgebildeter Ulna und Fibula und einem omnivoren Gebiss versehenen *Condylarthren* des älteren Tertiärs (Eocän) die gemeinsamen Ausgangsformen für die *Artiodactylen* und *Perissodactylen* gewesen sind. Speciell von den Ausgangsformen der *Perissodactylen*, den *Phenacodonten*, lassen sich die *Nashörner* und *Tapire* (letztere durch Vermittelung der *Lophiodonten*) herleiten, vor Allem aber in fast lückenloser Reihenfolge die *Equiden*. Vierzehige Vorderfüsse besassen die *Hyracotherien* des Eocän (*Eohippus* und *Orohippus*, Fig. 562 *1*); dreizehig, zum Theil aber mit Rudimenten der fünften Zehe, waren

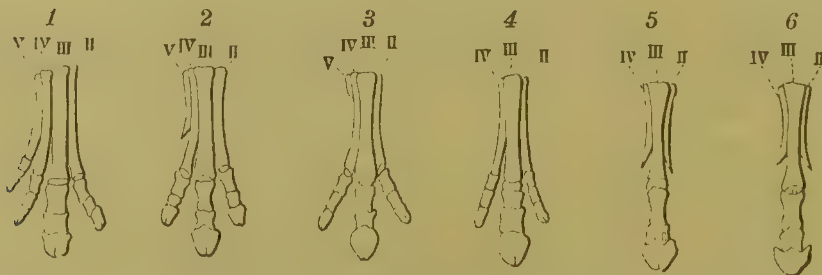


Fig. 562. Vorderfuss der Stammformen des Pferdes. *1* Orohippus (Eocän), *2* Mesohippus (unteres Miocän), *3* Miohippus (Miocän), *4* Protohippus (oberes Pliocän), *5* Pliohippus (Pleistocän), *6* Equus. II—V zweiter bis fünfter Finger (aus Wiedersheim).

die *Palaeotherien* (*Anchitherien*) der Miocänschichten (*Meso-* und *Miohippus*, *2*, *3*) und die im Gebiss dem Pferde sehr nahestehenden *Merychippus* und *Hipparion* des Pliocän (*Protohippus*, *4*). Im Pleistocän beginnen dann die einzehigen Pferdearten zunächst, die noch mit grossen Griffelbeinen ausgerüstete Gattung *Pliohippus*, dann die Repräsentanten der Gattung *Equus* selbst. Auffallend ist, dass die Pferde in Amerika in historischer Zeit fehlten und erst durch die spanischen Eroberer wieder eingeführt wurden, obwohl der Hauptabschnitt ihrer Stammesgeschichte sich dort abgespielt hat.

VII. Ordnung. Proboscidier.

Den Ungulaten werden wegen des herbivoren Gebisses und des Vorkommens von Hufen die *Elephanten* oder *Proboscidier* angeschlossen. Die Thiere sind äusserlich charakterisirt durch die „Pachydermie“, durch die schwerfälligen, massiven, fünfzehigen Extremitäten und vor Allem durch die zu einem langen Rüssel verlängerte, mit einem fingerartigen Fortsatz endende Nase, endlich durch die Bezahnung. Die durch kleine Milchzähne vorbereiteten Schneidezähne sind zu den langen, das ganze Leben hindurch fortwachsenden, unbewurzelten Hauern geworden; und zwar findet sich 1 Paar im Zwischenkiefer bei den *Elephanten* und *Mastodonten*, welch' letztere zum Theil auch im Unterkiefer ein Paar kleinere Schneidezähne hatten, 1 Paar im Unterkiefer bei

den fossilen *Dinotherien*. Die Backzähne — bei *Mastodonten* und *Dinotherien* noch schmelzfaltig mit normalem Zahnwechsel — sind bei den *Elephanten* zusammengesetzt und unterliegen einem horizontalen Ersatz: von den drei grossen Molaren und drei Praemolaren ist immer nur e i n e r in Thätigkeit (Fig. 563 *1*); hat er sich abgenutzt, so wird er von dem nächst hinteren (*2*) ersetzt. Den Elephanten kommt ferner zu ein Uterus bicornis, eine Gürtelplacenta ohne Decidua, 2 brustständige Milchdrüsen.

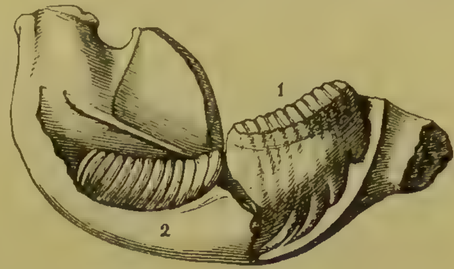


Fig. 563. Linker Unterkiefer von Elephas indicus mit aufgemeisselten Zahnalveolen von innen gesehen. *1* functionirender Zahn, 2 nachrückender nächster Zahn (aus Owen).

1. *Elephantiden: Elephas indicus* Cuv., kleine Ohren; *E. africanus* Blum.; *E. primigenius* Blum., Mammuth, behaart, diluvial, im Eis von Sibirien gefunden; *Mastodon giganteum* Cuv., diluvial. 2. *Dinotheriden: Dinotherium giganteum* Kaup, Miocän. — Mit den Proboscidiern werden in der Neuzeit die sehr eigenthümlich gebauten *Hyracoiden* (*Hyrax syriacus* Schrebl. Klippschiefer) als *Subungulaten* vereint.

VIII. Ordnung. Rodentien, Glires, Nagethiere.

Bei den Nagethieren vereint sich grosse Uebereinstimmung in der äusseren Erscheinung mit einer äusserst c h a r a k t e r i s t i s c h e n B e s c h a f f e n h e i t d e s G e b i s s e s. Da Eckzähne nicht mehr angelegt werden, sind die Backzähne und Schneidezähne durch eine weite Lücke getrennt. (Fig. 564.) Die sehr kräftigen, meisselartigen Schneidezähne entwickeln keine Wurzeln und wachsen daher in gleichem Maasse fort, als sie beim Nagen abgenutzt werden; sie erhalten scharf schneidende Kanten, weil sie nur auf der vorderen Seite mit Schmelz bedeckt sind und hier der Abnutzung besser widerstehen. Gewöhnlich findet sich je e i n Paar Schneidezähne im Zwischenkiefer und Unterkiefer; nur bei wenigen Arten (*Duplicidentaten*) ist noch ein weiteres Paar kleinerer Schneidezähne im Zwischenkiefer vorhanden. Auch die schmelzfaltigen Backzähne sind häufig in ihrem Wachsthum nicht beschränkt, da es nicht zur Wurzelbildung kommt. Ihre Zahl ist in verschiedenem Maasse reducirt, so dass die gesammte Zahnformel zwischen zwei Extremen schwankt: $\frac{2033}{1023}$ und $\frac{1002}{1002}$.

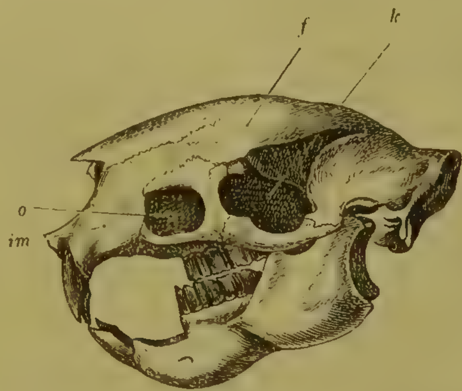


Fig. 564. Schädel des Stachelschweins (aus Schmarda). *f* Stirnbein, *im* Zwischenkiefer, *o* Foramen infraorbitale, welches durch eine in ihm verlaufende Portion des Kaumuskels (Masseter) enorm ausgedehnt ist, *k* Schläfengrube, welche nach vorn continuirlich in die Orbita übergeht.

Von den Ungulaten, mit denen sie in ihrer herbivoren Ernährung übereinstimmen, unterscheiden sich die Nager ausserdem noch durch ihre durchschnittlich geringe Körpergrösse, den Besitz von Krallen,

die selten auf drei reducirte Fünfzahl der Zehen, das Vorkommen einer Clavicula und die discoidale Placenta; sie theilen mit ihnen den Uterus bicornis (häufig sogar U. duplex) und die inquinale Lage der Milchdrüsen, deren Zahl entsprechend der grossen Fruchtbarkeit der Thiere eine sehr grosse ist. Sehr verbreitet sind starkriechende Drüsensäcke, die in das Praeputium oder in der Nähe des Afters münden. (Fig. 545.)

Die etwa 900 Arten der Nager unterscheiden sich meist durch untergeordnete Merkmale. Mit Stacheln bewaffnet sind die *Hystriciden: Hystrix cristata* L., Stachelschwein. Durch weichen Pelz und buschigen Schwanz zeichnen sich aus die *Sciuriden: Sciurus vulgaris* L., Eichhörnchen; *Pteromys volans* L., Flugeichhörnchen, durch weichen Pelz und beschuppten Ruderschwanz die *Castoriden: Castor fiber* L., der wegen des Bibergeils und seines Fells viel gejagte, in Deutschland bis auf einen kleinen District an der Elbe bei Schönebeck ausgerottete Biber. — *Muriden: Mus musculus* L., Maus; *Mus rattus* L., Hausratte, bei uns durch die Wanderratte *Mus decumanus* Pall. verdrängt. Hufe anstatt Krallen kommen den *Subungulaten* zu: *Cavia cobaya* Schreb., Meerschweinchen. Duplicidentat endlich sind die *Leporiden: Lepus timidus* L., Hase; *L. cuniculus*, Kaninchen; *L. variabilis* L., der im Winter sich weiss verfärbende Alpenhase. — Im Gebiss ähnelten den Nagern die zum Theil riesigen *Tillodontien* (Eocän) und *Toxodontien* (Diluvium), deren Verwandtschaft mit den Nagern jedoch in Abrede gestellt wird.

IX. Ordnung. Insectivoren, Insectenfresser.

Im Gegensatz zum Gebiss der Nagethiere zeigen die Zähne der Insectenfresser einen auffallend gleichartigen Charakter. Alle Arten der Zähne sind vorhanden, wenn auch in variabler Zahl; sie sind frühzeitig bewurzelt und bleiben demgemäss klein. Indem sie mit scharfen Spitzen enden, welche sich zum Zerfetzen von Insecten eignen, gewinnt das Gebiss eine grosse Aehnlichkeit mit dem Gebiss der Raubthiere, von dem es sich jedoch durch die rudimentäre Beschaffenheit des manchmal ganz fehlenden Eckzahns unterscheidet (manche Maulwürfe $\frac{3\,1\,4\,3}{3\,1\,4\,3}$, manche Spitzmäuse $\frac{4\,1\,1\,3}{2\,0\,1\,3}$). — Im Bau und in der Entwicklungsweise stehen die Insectivoren den Nagern sehr nahe: eine Clavicula ist vorhanden, die Zehen finden sich meist in Fünfzahl und sind mit Krallen versehen, der Uterus ist bald doppelt, bald zweihörnig, die Placenta scheibenförmig.

Mit Ausnahme ihrer rüsselartig verlängerten Schnauze gleichen die Insectivoren im äusseren Habitus den Nagern, zu denen sie eine vollkommene Parallelgruppe bilden. Den Hystriciden entsprechen die *Erinaceiden: Erinaceus europaeus* L., der Igel, den echten Mäusen die Spitzmäuse, *Soriciden: Sorex vulgaris* L.; letzteren sind nahe verwandt die *Talpiden*, Maulwürfe: *Talpa europaea* L., in der Erde wühlend, daher mit rudimentären, functionslos gewordenen Augen. — An die fliegenden Eichhörnchen erinnert der früher zu den Prosimien gerechnete *Galeopithecus volans* Pall., dessen vordere und hintere Extremität jederseits durch eine als Fallschirm dienende Hautfalte verbunden ist.

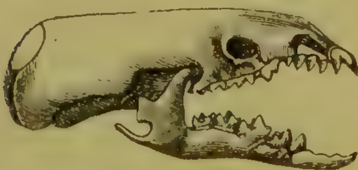


Fig. 565. Schädel der Spitzmaus (aus Leunis-Ludwig).

X. Ordnung. Chiropteren, Fledermäuse.

Die Fledermäuse sind als die einzigen Säugethiere, welche wirklich fliegen und sich nicht nur mit einem ausgespannten Fallschirm durch die Luft fallen lassen, zur Genüge charakterisirt (Fig. 566). Die Flughaut (Patagium), eine dünne, nervenreiche Hautfalte, beginnt am Schwanz, fasst die hintere Extremität bis an die Fusswurzel und die vordere Extremität in ganzer Ausdehnung bis an die Fingerspitzen ein, indem sie nur den Daumen frei lässt. Die Finger 2—5 sind enorm verlängert und dienen zum Spannen der Flughaut. Da das Fliegen einen kräftigen Flugmuskel nöthig macht, erhebt sich das Sternum ähnlich wie bei den Vögeln zu einer dem Musculus pectoralis neue Ursprungspunkte liefernden, allerdings viel kleineren Crista sterni. Mit dem Flugvermögen hängt auch die kräftige Ausbildung der Schlüsselbeine zusammen. Die Flughaut ist Sitz eines äusserst feinen Tastvermögens, weshalb geblendete Fledermäuse durch gespannte Netze fliegen können, ohne sie zu berühren. Beim Tasten werden auch die häufig enormen Ohrmuscheln und ein merkwürdiger, blattartiger Nasenaufsatz mitwirken, der bei Fledermäusen sehr verbreitet ist. Auffallend ist die Lage der Milchdrüsen an der Brust; diese sowie der einheitliche Uterus und die discoidale Placenta erinnern an die Primaten. In Gegenden mit gemässigtem Klima verbringen die Fledermäuse die kalte Jahreszeit, verkrochen in Höhlen, im Winterschlaf. Das Gebiss ist variabel, öfters $\frac{2\,1\,3\,3}{2\,1\,3\,3}$.

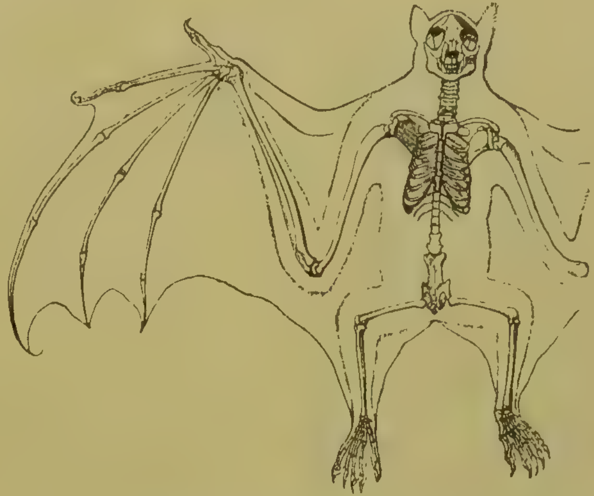


Fig. 566. Skelet und Flughaut eines fliegenden Hundes (nach Huxley).

I. Unterordnung. *Microchiropteren* mit Insectivorengebiss, nur der Daumen der vorderen Extremität mit einer Kralle versehen. Hierher gehören alle unsere einheimischen Arten. *Gymnorhinen*, ohne Nasenaufsatz: *Vespertilio murinus* Schreb. — *Phyllorhinen*, mit blattartigem Nasenaufsatz. *Rhinolophus ferrum equinum* Schreb.; ferner der amerikanische Vampyr, *Vampyrus spectrum* L., mit Unrecht als Blutsauger gefürchtet.

II. Unterordnung. *Macrochiropteren* (Frugivoren), fliegende Hunde, haben stumpfhöckerige Backzähne und an den zwei ersten Fingern Krallen (Fig. 566): *Pteropus edulis* Geoffr.

XI. Ordnung. Carnivoren Raubthiere.

Die Raubthiere leben vorwiegend vom Fleisch und vom Blut anderer Wirbelthiere, die sie durch List, schnellen Lauf oder kräftigen Sprung erreichen und mit ihren muskelstarken, scharfkralligen Extremitäten und ihren schneidenden Zähnen überwältigen. Aus dieser Lebens-

weise erklärt sich die hohe Entwicklungsstufe ihres Hirns (Fig. 541) und ihrer Sinnesorgane, sowie der Bau ihrer Extremitäten und ihrer Zähne. Da der Raubthiercharakter innerhalb der Gruppe von den Bären bis zu den Katzenarten aufsteigend eine Fortbildung erfährt und bei den Wasserraubthieren sich wieder verwischt, können wir auch in der Bildung der genannten anatomischen Merkmale keine Constanz erwarten, sondern müssen von vornherein auf eine grosse Variationsbreite gefasst sein. — Im Interesse der grösseren Beweglichkeit der zum Lauf und Angriff dienenden Vorderextremität ist wie bei den Ungulaten das Schlüsselbein ganz verloren gegangen oder unvollkommen entwickelt, während die Ulna und an der hinteren Extremität die Fibula von der Rückbildung ausgeschlossen sind. Ein allmähliger Uebergang vollzieht sich vom Sohlengang der Bären, bei denen Hand- und Fussskelet in ganzer Länge den Boden berühren, zum Zehengang der Katzenarten. Bei letzteren werden die allen Raubthieren zukommenden Krallen vor der Gefahr, beim Gang abgenutzt zu werden, geschützt, indem sie vermöge eines elastischen Bandes sammt der tragenden Endphalange in Taschen auf dem Rücken der vorletzten Zehenglieder zurückfedern, aus welchen sie beim Schlagen mit den Tatzen durch die starke Thätigkeit der Beugemuskeln hervorgezogen werden. Im Gebiss (Fig. 543) ist nahezu constant die Dreizahl der Schneidezähne und die auffallende Grösse der gut bewurzelten Eckzähne; die Backzähne dagegen, deren Höcker mehr und mehr scharf schneidende Kanten erhalten, variiren nach den einzelnen Familien. Der letzte Praemolare des Oberkiefers und der erste Molare des Unterkiefers werden zu Reisszähnen, D. lacerantes, D. sectorii (S. 540), und gewinnen zunehmend eine dominirende Stellung, während zu ihren Gunsten die übrigen Backzähne kleiner werden und am vorderen und hinteren Ende der Reihe schwinden. (Formeln der Backzähne, Bär: $\frac{p^1\, p^2\, p^3\, \mathbf{p}^4\,(l),\ m^1\, \mathbf{m}^2}{p^1\, p^2\, p^3\, p^4\ \ m^1(l)\, \mathbf{m}^2 m^3}$, Löwe: $\frac{p^2\, \mathbf{p}^3\, \mathbf{p}^4\,(l),\ m^1}{\mathbf{p}^3\, \mathbf{p}^4,\ \ \mathbf{m}^1(l)}$. Der Dens lacerans ist durch ein zugefügtes l, die relative Grösse durch Abstufung der Schrift ausgedrückt, die fehlenden Zähne weggelassen.) — Weitere Merkmale der Carnivoren sind beim Männchen der Penisknochen, im weiblichen Geschlecht die abdominale Lage der Milchdrüsen und der Uterus bicornis; dazu kommt die Placenta zonaria.

I. Unterordnung. *Fissipedier,* Landraubthiere. — Sie sind die typischen Vertreter der Raubthiere und als vorwiegend Land bewohnende Thiere mit wohl entwickelten, meist bis zum Grund getrennten Zehen ausgerüstet; die Zahl der letzteren ist vielfach noch an beiden Extremitäten 5, erfährt häufig an den Hinterfüssen (Feliden, Caniden), selten auch an den Vorderfüssen (Hyaeniden) eine Reduction auf 4. 1. *Ursiden,* fünfzehige Sohlengänger: *Ursus arctos* L., brauner Bär; *U. maritimus* Desm., Eisbär, *Procyon lotor* Desm., Waschbär. 2. *Musteliden: Mustela martes* L., Edelmarder; *Putorius vulgaris* L., Wiesel; *P. ermineus* L., Hermelin; *Lutra vulgaris* Erxl., Fischotter mit Schwimmhäuten an den Zehen. 3. *Caniden,* Zehen vorn 5, hinten 4. Krallen nicht retractil: *Canis familiaris* L., Hund; *C. lupus* L., Wolf; *C. vulpes* L., Fuchs. 4. *Feliden,* Zehen vorn 5, hinten 4. Krallen retractil: *Felis domestica* Briss., Katze; *F. catus,* Wildkatze, *F. leo* L., Löwe; *F. tigris* L., Tiger; *F. lynx* L., Luchs. 5. *Hyaeniden,* Zehen vorn und hinten 4: *Hyaena striata* L.

II. Unterordnung. *Pinnipedier*, Flossenraubthiere. Alle 4 Extremitäten zu kurzen, breiten Flossen abgeplattet; die 5 Zehen und Finger durch Schwimmhäute verbunden, Nägel häufig rudimentär; das Gebiss unterscheidet sich vom echten Carnivorengebiss durch die gleichartige Beschaffenheit der Praemolaren und Molaren (kein Reisszahn). — 1. *Phociden*, Robben ohne Ohrmuscheln: *Phoca vitulina* L., Seehund. — 2. *Otariden*, Ohrenrobben: *Otaria Stelleri* Less., Seelöwe. — 3. *Trichechiden*, Walrosse, Schneidezähne verkümmert, Eckzähne des Oberkiefers zu langen Hauern umgewandelt: *Trichechus rosmarus* L.

Im Eocän wurden die Carnivoren vorbereitet durch die Urraubthiere oder *Creodonten*, Sohlengänger mit wenig differenzirtem Fleischfressergebiss; sie leiten sowohl zu den *Raubthieren* als auch zu den *Insectivoren* über und wahrscheinlich auch zu den *Condylarthren*, den Stammformen der Hufthiere. Echte Raubthiere treten im oberen Eocän, häufiger im Miocän auf; dem Diluvium gehörten die grossen Höhlenthiere: *Felis spelaea* Goldf., Höhlentiger und *Ursus spelaeus* L., Höhlenbär, an.

XII. Ordnung. Prosimien, Halbaffen.

Mit den echten Affen wurde von Linné eine kleine Gruppe auf Indien und die benachbarten Inselgruppen, Südafrika und vor Allem Madagascar beschränkter Thiere vereinigt, weil sie ihnen in der Körperform und der Gewandtheit des Kletterns gleichen, weil sie Greifhände und Greiffüsse haben und häufig wenigstens Plattnägel an Zehen und Fingern tragen. Heutzutage werden die Thiere, wenn man auch nach wie vor an der Verwandtschaft mit Affen festhält, als Prosimier oder Lemuroideen in einer besonderen Ordnung vereint, und zwar mit Rücksicht auf ihre niedere Organisation, die sich in der geringen Entwicklung des Grosshirns, dem Uterus bicornis und der Placenta diffusa ausspricht. Weitere Unterschiede sind die abweichende und variable Beschaffenheit des Gebisses (Chiromys $\frac{1\,0\,1\,3}{1\,0\,0\,3}$, Lemur $\frac{2\,1\,3\,3}{2\,1\,3\,3}$) und das Vorkommen von Krallen, welche stets an der zweiten, häufig auch an dritten Hinterzehe, bei *Chiromys* sogar an allen Zehen mit Ausnahme der Grosszehe die Nägel ersetzen. Ein sehr auffälliges Gepräge erhalten die Nachts auf Raub (Insecten, kleine Wirbelthiere) ausgehenden Thiere durch die besonders grossen Augen (Fig. 567); im Unterschied von den *Primaten* hängen Orbital- und Temporalhöhlen unterhalb des Postorbitalfortsatzes zusammen. — Die Milchdrüsen sind bald bauch-, bald brustständig.



Fig. 567. Stenops gracilis (aus Brehm).

1. *Chiromyiden*, die langen Zehen beider Extremitätenpaare tragen mit Ausnahme der Grosszehe sämmtlich Krallen: *Chiromys madagascariensis*

Desm., Fingerthier. 2. *Tarsiden*, nur die zweite und dritte Hinterzehe mit Krallen: *Tarsius spectrum* Geoffr. 3. *Lemuriden*, nur die zweite Hinterzehe trägt eine Kralle: *Lemur makako* L., Maki; *Stenops gracilis* v. d. Hoeven, Lori (Fig. 567).

XIII. Ordnung. Primaten, Herrenthiere.

Die höchst organisirten Säugethiere, die Affen und die Menschen, werden unter dem Namen Primaten oder Herrenthiere in einer gemeinsamen Ordnung zusammengefasst, weil zwischen beiden eine grosse Uebereinstimmung in den systematisch wichtigen Merkmalen besteht. Wenn wir, wie sonst in der systematischen Zoologie, die verschiedenen Grade der Intelligenz unberücksichtigt lassen und allein die grössere oder geringere anatomische Verwandtschaft als maassgebend betrachten, kommen wir sogar zu dem Resultat, dass die anthropoiden Affen dem Menschen näher stehen als den sehr primitiven Krallenaffen.

Den Primaten — mit Ausnahme der Krallenaffen — ist gemeinsam, dass die Zehen und Finger sämmtlich Plattnägel tragen, dass die Augenhöhlen von der Schläfengrube durch eine knöcherne Scheidewand getrennt werden, dass das reich gewundene Grosshirn die übrigen Hirntheile bedeckt (Fig. 542), dass nur ein Paar brustständiger Milchdrüsen vorkommt, dass der Uterus einfach ist, die Placenta discoidal, und dass die Schleimhaut des Uterus als Decidua abgestossen wird. Vor Allem hat das Gebiss im Wesentlichen denselben Bau. Bei den *Platyrhinen* hat es die Formel $\frac{2}{2}\frac{1}{1}\frac{3}{3}\frac{3}{3}$; daraus lässt sich durch Rückbildung eines Molaren das Gebiss der *Krallenaffen* $\frac{2}{2}\frac{1}{1}\frac{3}{3}\frac{2}{2}$, durch Rückbildung eines Praemolaren das Gebiss der Katarhinen und des Menschen $\frac{2}{2}\frac{1}{1}\frac{2}{2}\frac{3}{3}$ ableiten. Ueberall tragen die Backzähne auf der Mahlfläche stumpfe Höcker. — Bei der Charakteristik der Primaten hat schliesslich die Beschaffenheit des Hand- und Fussskeletes eine wichtige Rolle gespielt. Wie bei den Halbaffen und den Beutelratten können Daumen und grosse Zehe den übrigen Fingern und Zehen opponirt werden, wodurch es den Affen ermöglicht wird, Gegenstände zu umgreifen. Beim Menschen ist die Opponirbarkeit des Daumens noch weiter entwickelt, die Opponirbarkeit der grossen Zehe dagegen selbst bei Kindern und wilden

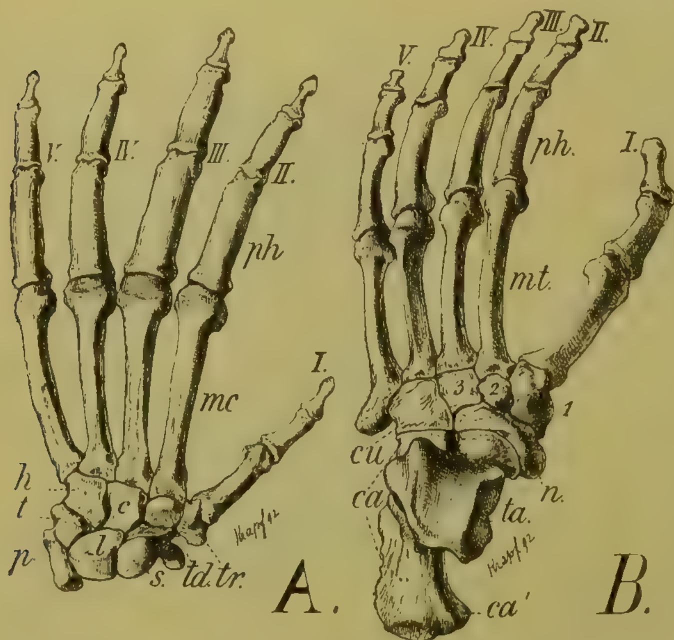


Fig. 568. Hand- (*A*) und Greiffuss (*B*) des Gorilla. *I—V* die 5 Finger und Zehen; *ph* die Phalangen, *mc* Metacarpen, *mt* Metatarsen, Carpus: *tr* Trapezium, *td* Trapezoid, *c* Capitatum, *h* Hamatum, *s* Scaphoid, *l* Lunatum, *t* Triquetrum, *p* Pisiforme. Tarsus: *ta* Talus, *ca* Calcaneus, *ca'* Calx desselben, *n* Navicularve, *cu* Cuboid, *1—3* die drei Cuneiformia.

Völkerschaften nur sehr mangelhaft erhalten. Daher rührt die selbst jetzt noch vielfach beibehaltene Bezeichnung *Quadrumanen* für die Affen, *Bimanen* für die Menschen. Dem gegenüber muss betont werden, dass die hintere Extremität der Affen nicht mit einer Hand, sondern mit einem Greiffuss endet. Im Greiffuss (Fig. 568 *B*) finden wir dieselben Knochen wie im Fuss des Menschen, sogar in derselben Anordnung und in sehr ähnlicher Gestalt: auch herrscht im Allgemeinen Uebereinstimmung in der Anordnung der Muskulatur. Dagegen sind dieselben Unterschiede, welche wir zwischen Hand und Fuss des Menschen nachweisen können, zwischen Hand (*A*) und Greiffuss (*B*) der Affen vorhanden. Der Unterscheidung von Quadrumanen und Bimanen fehlt somit die anatomische Basis; sie stützt sich nur auf functionelle Eigenthümlichkeiten.

I. Unterordnung. *Platyrhinen,* Affen der neuen Welt; beide Nasenlöcher sind durch eine breite Scheidewand getrennt, so dass sie nach aussen schauen, Gebiss $\frac{2}{2}\frac{1}{1}\frac{3}{3}\frac{3}{3}$. *Cebiden,* Rollaffen, mit langem, meist einrollbarem Schwanz: *Mycetes niger* Wagn., Brüllaffe. *Cebus Capucinus* L. — Eine sehr abweichende Gruppe bilden die *Hapaliden* oder Krallenaffen mit der Zahnformel $\frac{2}{2}\frac{1}{1}\frac{3}{3}\frac{2}{2}$, mit Krallen an allen Fingern; nur die grosse Zehe mit Plattnagel. *Hapale penicillata* Kühl., Seidenäffchen.

II. Unterordnung. *Katarhinen,* Affen der alten Welt; schmales Septum internasale, so dass die Nasenöffnungen nach vorn und unten gewandt sind, Zähne $\frac{2}{2}\frac{1}{1}\frac{2}{2}\frac{3}{3}$; da die grossen Eckzähne in die gegenüberstehende Zahnreihe eingreifen, entstehen mehr oder minder ansehnliche Lücken (Diastema) zwischen den Zähnen des Ober- und Unterkiefers. 1. *Cynomorphen,* Thiere mit nackten Stellen am Gesäss (Gesässschwielen), meist mit langem Schwanz und behaartem Gesicht, gewöhnlich nur mit 2 Sacralwirbeln. *Cynocephalus hamadryas* L., Pavian, *Cercopithecus sabaeus* Cuv., Meerkatze, *Inuus ecaudatus* Geoffr., der einzige in Europa (Gibraltar) vorkommende Affe, mit kurzem Stummelschwanz. — 2. *Anthropoiden,* menschenähnliche Affen, meist ohne Gesässschwielen, mit unbehaartem Gesicht, unbehaarten Händen und Füssen, ohne Schwanz, 4—5 Wirbel zum Os sacrum verschmolzen. *Simia satyrus* L., Orang Utang, *Troglodytes niger* Geoffr., Schimpanse, *Gorilla engena* Geoffr., Gorilla. *Hylobates syndactylus* Wagn., Gibbon.

III. Unterordnung. *Anthropinen*, Menschen. Rückbildung der Behaarung an den meisten Körperstellen, aufrechter Gang und in Folge dessen geringe Beweglichkeit und Kürze der Grosszehe (kein Greiffuss), Entwicklung einer articulirten Sprache, hohe Intelligenz, starke Ausbildung des Grosshirns und demgemäss Vergrösserung des Hirnschädels auf Kosten des Gesichtsschädels sind die hervorstechendsten Merkmale des Menschengeschlechts. Das Gebiss ist dasselbe wie bei den Katarhinen, nur dass die Eckzähne kleiner und daher die Zahnreihen nirgends unterbrochen sind (kein Diastema). — Ein seit Langem sich hinziehender Streit ist es, ob die Menschen als eine Art (*Homo sapiens* L.) mit vielen Rassen aufgefasst oder in mehrere Arten abgetheilt werden müssen. Die bei Kreuzungen der Menschenrassen vorhandene Fruchtbarkeit spricht für die erste, die Grösse der vorhandenen Unterschiede und die Constanz derselben für die zweite Auffassung. Die Erörterung dieser Frage und die Charakterisirung bestimmter Menschenrassen, resp. Arten bildet den Gegenstand einer besonderen Wissenschaft, der Anthropologie. Hier sei kurz hervorgehoben, dass man 3 grosse Gruppen (jede mit Untergruppen) unterscheidet: 1. *Wollhaarige* oder *Neger* mit meist schwärzlicher Hautfarbe und stark gekräuselten Haaren, deren Querschnitte oval sind — hierher die Untergruppen der

Papuas, Hottentotten, Kaffern und *Sudanneger.* — 2. *Schlichthaarige* oder *Mongolen* mit braungelblicher Hautfarbe und schlichten Haaren (Querschnitt kreisrund) — hierher die Untergruppen der *Eskimos, Malayen, Mongolen* s. str. und *Indianer.* — 3. Die mit lockigen Haaren (Querschnitt kreisrund) ausgerüsteten *Kaukasier* mit heller Hautfarbe — hierher die Gruppen der *Hamosemiten, Indogermanen, Nubier, Dravidas* (Ureinwohner von Indien).

Zusammenfassung der Resultate über Wirbelthiere.

1. Die **Wirbelthiere** sind gegliederte Thiere ohne Ringelung des Körpers, aber mit metamerer Anordnung der inneren Organe (Myotome, Neurotome, Sclerotome).

2. Ein cuticulares Hautskelet fehlt, dagegen können Verhornungen des Epithels oder Verknöcherungen der Lederhaut (Schuppen der Fische etc.) vorhanden sein.

3. Stets ist ein **Axenskelet** vorhanden, bestehend entweder nur aus Chorda dorsalis, oder aus Schädel und Wirbelsäule, welche die Chorda mehr oder minder vollständig verdrängen.

4. Es finden sich zweierlei, von axialen Skeletbildungen gestützte Extremitäten, die nur bei Fischen und Amphibien vorkommenden unpaaren und die nahezu allgemein verbreiteten paarigen (vordere und hintere) Extremitäten.

5. Das Nervensystem (Hirn und Rückenmark) hat Röhrenform und eine rein dorsale Lage.

6. Von den Sinnesorganen sind Auge und Ohr besonders hoch entwickelt.

7. Die Athmungsorgane entstehen aus dem Darm, die Kiemen in den vom Pharynx nach aussen führenden Kiemenspalten, die Lungen als Ausstülpungen am hinteren Pharynxende.

8. Das Herz, bestehend aus Kammer und Vorkammer, liegt ventral eingeschlossen in dem Herzbeutel, enthält bei allen kiemenathmenden Wirbelthieren venöses Blut, spaltet sich aber beim Auftreten der Lungenathmung in eine linke arterielle und rechte venöse Hälfte. Das Blutgefässsystem ist geschlossen.

9. Die Geschlechtsorgane sind mit wenigen Ausnahmen gonochoristisch; ihre Producte benutzen meist einen Theil des Nierensystems, um nach aussen zu gelangen (Urogenitalsystem).

10. Die Fortpflanzung ist streng geschlechtlich.

11. Die niedrigsten Wirbelthiere, die **Acranier** (*Amphioxus*), haben keinen Schädel, keine Wirbelsäule, kein Hirn, kein Herz, kein Gehörorgan und nur ein Rudiment von Auge, dagegen Chorda, Rückenmark, contractile Blutgefässe; sie athmen durch Kiemen.

12 Bei den **Cyclostomen** findet sich ein primitiver Schädel, dagegen keine Wirbelsäule und keine paarigen Flossen, ein fünftheiliges Hirn mit Auge und Gehörorgan, ein Herz mit Kammer und Vorkammer, beutelförmige Kiemen, eine unpaare Nase.

13. Die echten **Fische** unterscheiden sich von den Cyclostomen durch die Wirbelsäule (amphicoele Wirbel), durch die neben den unpaaren Extremitäten vorkommenden paarigen Brust- und Bauch-

flossen, die Beschuppung der Haut und die paarige Nase; sie athmen ebenfalls durch Kiemen und haben ein aus Kammer und Vorkammer bestehendes Herz.

14. Die Fische werden in Selachier, Ganoiden, Teleostier, Dipneusten eingetheilt.

15. Die **Selachier** haben ein knorpeliges Skelet, eine heterocerke Schwanzflosse, Placoidschuppen der Haut, bedeckte Kiemen, den Conus arteriosus des Herzens, Spiralklappe des Darms, keine Schwimmblase.

16. Sie zerfallen in *Squali* (Haie), *Rajae* (Rochen) und *Holocephalen* (Meerkatzen).

17. Die **Teleostier** haben ein knöchernes Skelet, eine homocerke Schwanzflosse, meist Cycloid- oder Ctenoidschuppen, Kammkiemen mit Kiemendeckel, den Bulbus arteriosus, meist Appendices pyloricae und Schwimmblase, keine Spiralklappe.

18. Sie werden eingetheilt in *Physostomen*, *Anacanthinen*, *Acanthopteren*, *Pharyngognathen*, *Plectogonathen*, *Lophobranchier*.

19. Die **Ganoiden** bilden eine Uebergangsgruppe; sie gleichen den Selachiern in der Anwesenheit des Conus arteriosus und der Spiralklappe des Darms, den Teleostiern vermöge der Kammkiemen, des Kiemendeckels, der Schwimmblase und der Appendices pyloricae. Sie haben meist Fulcren und Ganoidschuppen.

20. Die Ganoiden zerfallen in *Chondrostei* mit knorpeligem Skelet und *Euganoides* mit meist knöchernem Skelet.

21. Die **Dipneusten** sind Kiemenathmer, bei denen die Schwimmblase zeitweilig als Lunge in Function tritt; Herz mit beginnender Zweitheilung, Nase mit Choane.

22. Die **Amphibien** haben im Gegensatz zu den Fischen anstatt Flossen pentadactyle Extremitäten, im Gegensatz zu den Reptilien am Schädel einen doppelten Condylus occipitalis; sie besitzen Lungen und büschelförmige Kiemen, entweder dauernd neben einander oder zeitlich derart vertheilt, dass die jungen Thiere (Larven) durch Kiemen, die ausgebildeten durch Lungen athmen (Metamorphose!). Das Herz besteht aus einer Kammer und zwei Vorkammern.

23. Die Amphibien werden eingetheilt in Urodelen, Anuren (Batrachier) und Gymnophionen; dazu kommen die fossilen Stegocephalen (Labyrinthodonten).

24. Die **Urodelen** haben viele Wirbel und daher auch einen wohlentwickelten Schwanzabschnitt; entweder behalten sie dauernd die Kiemen (*Perennibranchiaten*) oder wenigstens eine Kiemenspalte (*Derotremen*) oder sie verlieren den Kiemenapparat im Lauf der Entwicklung vollkommen (*Salamandrinen*); die Metamorphose ist wenig ausgeprägt.

25. Die **Anuren** haben wenige Wirbel, daher keinen Schwanz, nie Kiemenreste im ausgebildeten Zustand, eine ausgeprägte Metamorphose (die Kaulquappen sind mit Kiemen und Ruderschwanz ausgerüstet, aber anfangs ohne Lunge und ohne Extremitäten).

26. Die **Gymnophionen** haben die Extremitäten verloren und sind blind.

27. Acranier bis Amphibien werden als **Anamnien** zusammengefasst, weil ihre Embryonen kein Amnion und keine Allantois haben; sie sind poikilotherm (Kaltblüter).

28. **Amnioten** heissen die Reptilien, Vögel und Säugethiere wegen ihrer Embryonalorgane: Amnion und Allantois; sie besitzen nie mehr Kiemenathmung und haben stets als Grundform die pentadactyle Extremität.

29. Die **Reptilien** sind noch poikilotherm, haben ein stark verknöchertes Skelet mit unpaarem Condylus occipitalis und mit einem Os transversum am Schädel, eine stark verhornte Haut; das Herz hat eine doppelte Vorkammer und eine meist unvollkommen zweigetheilte Kammer.

30. Die recenten Reptilien werden eingetheilt in die Lepidosaurier oder Plagiotremen mit den Ordnungen: Saurier und Ophidier und in die Hydrosaurier mit den Ordnungen: Chelonier und Crocodilier; fossile Formen sind 1. Rhynchocephaliden (einzig lebende Form *Hatteria*), 2. Pythonomorphen, 3. Pterosaurier, 4. Ichthyopterygier (Ichthyosaurier und Plesiosaurier), 5. Dinosaurier, 6. Theromorphen.

31. Die **Lepidosaurier** haben ein durch Häutung sich erneuerndes Kleid von Hornschuppen, eine quere Cloakenspalte und hinter derselben paarige Begattungsorgane.

32. Die **Saurier** mit den Unterordnungen: *Crassilinguien, Brevilinguien, Fissilinguien, Vermilinguien, Annulaten* haben bewegliche Augenlider, ein Trommelfell, vier Extremitäten oder Reste derselben, vor Allem stets ein Sternum. Die Mundspalte ist nicht dehnbar.

33. Die **Ophidier** mit den Unterordnungen: *Angiostomen, Innocuen, Proteroglyphen, Solenoglophen* haben keine Extremitäten, niemals ein Sternum, kein Trommelfell, zu einer Art Cornea verwachsene Augenlider, eine dehnbare Mundspalte, häufig Giftzähne.

34. Die **Hydrosaurier** haben einen Knochen- und Hornpanzer der Haut, eine feststehendes Quadratum und einen harten Gaumen; die Cloake ist eine Längsspalte mit unpaarem Penis am vorderen Ende.

35. Die **Chelonier** sind von gedrungenem Körperbau, haben eine aus Knochen und Schildpatt bestehende Skeletkapsel (Plastron + Carapax), keine Zähne, dafür Hornscheiden an den Kiefern.

36. Die **Crocodilier** sind langgestreckt, haben einen langen Schwanz und kegelförmige, in besonderen Alveolen steckende Zähne.

37. Die **Vögel** sind den Reptilien sehr nahe verwandt (Sauropsiden) und theilen mit ihnen den unpaaren Condylus occipitalis; sie unterscheiden sich von ihnen durch die Befiederung der Haut und die vollkommene Sonderung des Herzens in eine linke und rechte Hälfte.

38. Weitere Merkmale der Vögel sind: Homoiothermie (Warmblüter) Pneumaticität der Knochen, Verwachsung der Handknochen, Bildung von Tibiotarsus und Tarsometatarsus (Intertarsalgelenk).

39. Die Vögel werden eingetheilt in Cursores, welche keine Furcula (keine verwachsenen Schlüsselbeine) und keine Carina haben, und in Carinaten mit Furcula und Carina.

40. Zu den **Cursores** gehören die *Strausse, Casuare, Kiwis* etc., zu den **Carinaten** die *Gallinaceae, Columbinae, Natatores, Grallatores, Scansores, Passeres, Raptatores.*

41. Die **Säugethiere** haben einen doppelten Condylus occipitalis, eine behaarte Haut und Milchdrüsen, die beim Weibchen zum Säugen dienen.

42. Weitere Merkmale der Säugethiere sind die Homoiothermie; die vollkommene Scheidung des Herzens in eine linke und rechte Hälfte, die Umbildung von Theilen des Visceralskelets zu Hörknöchelchen (Quadratum = Ambos, Articulare = Hammer, Hyomandibulare = Stapes), hohe Entwicklung der Bezahnung (Bewurzelung, meist heterodonte und diphyodonte Beschaffenheit).

43. Die Säugethiere werden eingetheilt in Monotremen, Marsupialier und Placentalier.

44. Die **Monotremen** (*Echidna, Ornithorhynchus*) sind eierlegende Säugethiere, mit persistenter Cloake, völliger Trennung der Müller'schen Gänge beim Weibchen (Ornithodelphier); sie besitzen ein Coracoid und ein Episternum.

45. Die **Marsupialier** sind lebendig gebärend, doch werden die Embryonen in Folge unvollkommener Ernährung (keine Placenta) früh geboren und in einem Marsupium getragen.

46. Am Skelet ist ausser den Ossa marsupialia der Winkel des Unterkiefers charakteristisch. Der Urogenitalapparat ist durch den Damm vom After getrennt, Uterus und Scheide sind doppelt (Didelphier).

47. Die **Placentalier** erzeugen gut ausgetragene Junge, die im Uterus mittelst der Placenta ernährt werden; sie haben kein Marsupium und keine Ossa marsupialia. Die Vagina ist unpaar (Monodelphier), der Uterus paarig oder unpaar.

48. Eine rückgebildete Bezahnung (fehlendes oder monophyodontes Gebiss) haben die Krallen tragenden *Edentaten* und die mit Flossen ausgerüsteten *Cetomorphen* (*Sirenen* + *denticete* und *mysticete Cetaceen*).

49. Vorwiegend herbivor sind die huftragenden grossen *Ungulaten* (*Perissodactylen* und *Artiodactylen*) und *Proboscidier*, die krallentragenden, meist kleinen *Rodentien.*

50. Theils herbivor, theils insectivor sind die mit Flughäuten (Patagium) ausgerüsteten *Chiropteren.*

51. Vorwiegend fleischfressend sind die kleinen *Insectivoren* (mit kleinem Eckzahn) und *Carnivoren* (mit starkem Eckzahn und starkem Reisszahn); die *Carnivoren* werden eingetheilt in die landbewohnenden *Fissipedier* und die wasserbewohnenden, Flossen tragenden *Pinnipedier.*

52. Ein mehr oder minder omnivores Gebiss haben die ganz oder zum Theil mit Nägeln anstatt Krallen und mit Greifhänden, meist auch Greiffüssen versehenen *Prosimien* und *Primaten*; erstere sind niedrig, diese sehr hoch organisirt.

53. Nach der Stellung der Nasenlöcher, der Ausbildung des Schwanzes und der Behaarung, ferner nach der Beschaffenheit des Gebisses und des Fusses werden die Primaten eingetheilt in Affen der neuen Welt (*Platyrhinen*), Affen der alten Welt (*Katarhinen*) und Menschen (*Anthropinen*).

Register.

Aale 493.
Abdominalia 364.
Abranchier 321.
Acantharien 155.
Acanthia 410.
Acanthias 488.
Acanthocephalen 250.
Acanthocystis 155.
Acanthoderus 402.
Acanthodinen 491.
Acanthometra 155.
Acanthophracten 155.
Acanthopteren 494.
Acarinen 424.
Acephalen 304.
Achatina 326.
Acherontia 414.
Achtheres 355.
Acinetinen 170.
Acipenser 490.
Acontien 202.
Acranier 468.
Acraspeden 196.
Acrididen 403.
Acrodonten 511.
Actiniarien 208.
Actinophrys 152.
Actinosphaerium 151.
Aculeaten 408.
Aeginiden 194.
Aeolis 322.
Aepyornis 526.
Aeschna 401.
Aethalium 159.
Aethiopische Region 140.
Affen 561.
Afterscorpione 420.
Afterspinnen 421.
Agamiden 511.
Agassiz 17.
Aglossen 503.
Alauda 530.
Albatross 528.
Alca 529.
Alcedo 530.
Alciopiden 257.
Alcyonarien 207.
Alcyonella 275.
Alcyoniden 207.
Alcyonium 207.
Aldrovandi 11.
Alectoriden 529.
Allgemeine Zoologie 46.
Allantois 467, 504.
Alligator 517.
Alosa 493.
Alytes 504.
Amaul 494.
Amblystoma 503.
Ambulacralgefässsystem 282.
Ameisen 409.
Ameiva 511.
Ametabole Insecten 395,
Amia 491.
Ammocoetes 473.
Ammoniten 335.
Amnion 394, 467; Amnioten 504.
Amoeba 150.
Amoebinen 149.
Amphibien 496.
Amphibiotica 400.
Amphigonie 110.
Amphihelia 209.
Amphilina 229.
Amphineuren 303.
Amphioxus 27, 468.
Amphipoden 368.
Amphisbaena 512.
Ampullaria 323.
Anacanthinen 493.
Analog 11.
Anamnien 468.
Anas 528.
Anaxon 103.
Andrias 503.
Androctonus 421.
Anelasma 362.
Anemonia 208.
Angiostomen 514.
Anguilla 493.
Anguillula 247.
Anguis 511.
Animale Organe 94.
Anisopoden 371.
Ankylostoma 248.
Anneliden 251.
Annulaten 512.
Antarktische Region 141.
Anodonta 312.
Anopla 242.
Anser 528.
Antedon 291.
Antennaten 348.
Antennendrüse 350.
Anthomedusen 193.
Anthomyiden 413.
Anthozoen 201.
Anthropinen 561.
Antilope 553.
Antimeren 106.
Antipathes 208.
Anuren 503.
Apiarien 408.
Aphanipteren 413.
Aphis 411.
Aphrodite 257.
Aplacophoren 304.
Aplysia 322.
Aplysilla 182.
Aplysina 182.
Apodes (Holothurie) 297.
Apodes(Rhizocephale)364.
Apodes (Fische) 493.
Apolemia 196.
Appendicularien 266.
Aptenodytes 529.
Apteren 411.
Apterogenen, Apterygoten 398.
Apteryx 526.
Apus 359.
Aquila 531.
Arachnoideen 415.

Araneen 421.
Arcella 158.
Archaeopteryx 26, 531.
Archenteron 81.
Archianneliden 257.
Archigetes 229.
Archigonie 107.
Archipteren 399.
Architeuthis 335.
Arcyria 159.
Ardea 529.
Argas 424.
Argonauta 336.
Argulus 356.
Argyroneta 423.
Arion 326.
Aristoteles 6.
Arktische Region 141.
Art 20.
Artemia 358.
Arterien 84.
Arthrogastres 418.
Arthropoden 338.
Arthrostraca 368.
Articulaten 291.
Artiodactylen 552.
Ascalaboten 511.
Ascaris 247.
Ascidiaeformes 267.
Asconen 181.
Ascyssa 181.
Asellus 371.
Asiphonier 311.
Aspergillum 313.
Aspidochiroten 297.
Asseln 370.
Astacus 378.
Asterias 288.
Asteroideen 285.
Astroides 209.
Astropecten 288.
Atalanta 324.
Atta 409.
Attacus 414.
Attus 423.
Auchenia 553.
Auerhahn 527.
Auerochs 553.
Auge 99, 344.
Aulacanthen 156.
Aulosphaeren 156.
Aurelia 201.
Auricularien 283.
Australische Region 139.
Autolytos 255.
Autophagen 525.
Aves 518.
Aviculiden 311.
Avicularien 274.
Axolotl 503.
Azteca 409.
Azygobranchier 323.

Badeschwämme 181.
Baer, Carl Ernst von 13.
Bär 558.
Bärthierchen 426.
Balaena 550.
Balaenoptera 550.
Balaninus 406.
Balantidium 168.
Balanoglossus 264.
Balanus 363.
Bandwürmer 229.
Barbus 493.
Barsche 494.
Basiliscus 511.
Basommatophoren 326.
Bastarde 22.
Bathybius 149.
Batrachier 503.
Baumschlangen 514.
Befruchtung 115.
Beroe 212.
Beutelratten 546.
Beutelthiere 545.
Bienen 408.
Bienenlaus 413.
Bilateral symmetrische Thiere 103.
Bindesubstanzen 66.
Biogenet. Grundgesetz 29.
Biologie 3.
Bipinnarien 283.
Birgus 378.
Bison 553.
Blasenwürmer 229.
Blastoideen 291.
Blastula 122.
Blatta 402.
Blattfüssse 358.
Blattläuse 411.
Blendlinge 22.
Blennius 494.
Blindschleiche 511.
Blindwühler 504.
Blut 69, arter. venös. 88.
Blutgefässsystem 86.
Boa 514.
Bockkäfer 406.
Bojanus'sches Organ 309.
Bombinator 504.
Bonellia 261.
Bopyriden 371.
Borstenwürmer 252.
Bos 553.
Bostrichus 406.
Bothriocephalus 237.
Bothryllus 270.
Brachiolarien 283.
Brachionus 243.
Brachiopoden 275.
Brachycera 412.
Brachyuren 378.
Braconiden 408.
Bradypus 549.
Branchiopoden 356.
Branchipus 358.
Branchiuren 356.
Braula 413.
Bremsen 412.
Brevilinguien 511.
Brillenschlange 514.
Brontosaurus 517.
Bryozoen 272.
Bubo 531.
Bucerontiden 530.
Bücherscorpione 420.
Bufo 504.
Buffon 17.
Bugula 275.
Bulbus arteriosus 485.
Bussard 531.
Buteo 531.
Buthus 420.
Byssus 308.
Bythotrephes 360.

Cacadu 529.
Calappa 379.
Calcispongien 181.
Calosoma 406.
Calyconecten 196.
Calycophoren 196.
Camelopardalis 553.
Camelus 553.
Campanularia 187, 192, 194.
Campodea 399.
Canalis neurentericus 270.
Cancer 379.
Canis 558.
Cannostomen 201.
Cantharide 406.
Capillaren 87.
Capra 553.
Caprella 370.
Caprimulgiden 530.
Carabiden 406.
Carapax 515.
Carcharias 488.
Carcharodon 488.
Carchesium 169.
Carcinus 379.
Cardium 312.
Carididen 378.
Carinaria 324.
Carinaten 526.
Carmarina 194.
Carnivoren 557.
Caryophyllaeus 229.
Caryophyllia 209.
Casuarius 526.
Castoriden 556.
Catarhinen 561.
Catocala 414.
Catametopen 379.
Cavia 556.
Cavicornia 553.
Cebiden 561.
Cecidomyiden 412.
Cellulose 265.
Centrodorsale 289.
Cephalaspis 490.
Cephalophoren 313.
Cephalopoden 327.
Cephalothorax 340.
Ceraospongien 182.

Cerambyx 406.
Ceratium 162.
Ceratodus 496.
Cercopithecus 561.
Cercaria 227.
Cercomonas 161.
Cerebralganglion 301.
Cerebratulus 242.
Cervus 553.
Cestoden 229.
Cestus 212.
Cetaceen 550.
Cetochilus 355.
Cetomorphen 549.
Chaetognathen 243.
Chaetopoden 252.
Chaetoderma 304.
Chamaeleon 512.
Charadriiden 529.
Charybdaea 200.
Chelifer 420.
Cheliceren 415.
Chelonier 515.
Chelura 369.
Chermes 411.
Chersiten 516.
Chiastoneuren 317.
Chilognathen 383.
Chilomonas 160.
Chilopoden 384.
Chimaera 489.
Chiromys 559.
Chiropteren 557.
Chitinschicht 339.
Chiton 304.
Choanoflagellaten 161.
Choloepus 549.
Chondrilla 180.
Chondrioderma 159.
Chondrostei 490.
Chorda dorsalis 31, 269, 433.
Chordonier 265.
Chorioidea 100.
Chorion 547.
Chromatophoren 330, 500.
Chrysomelinen 406.
Chrysomitren 195.
Chrysomonadinen 164.
Chylusgefässe 89.
Cicadarien 410.
Cicindela 406.
Ciconia 529.
Ciliaten 163.
Cilioflagellaten 161.
Cimex 410.
Cingulaten 549.
Cione 270.
Cirrus 224.
Cirripedien 360.
Citigraden 423.
Cladoceren 359.
Cladocora 209.
Clamatores 530.
Clathrulina 151.
Clavellina 270.
Clepsidrina 172.
Clitellum 258.
Cloake 83.
Cloakenthiere 544.
Clupea 493.
Clypeastriden 295.
Cnethocampa 414.
Cnidarien 183.
Cocciden 410.
Coccidium 172.
Coccinella 406.
Coccus 411.
Coccygomorphen 530.
Codonocladium 161.
Coecilia 504.
Coelenteraten 177.
Coelenteron 177.
Coelhelminthen 217, 243.
Coelodendrum 156.
Coelom 85.
Coeloplana 212.
Coeloria 209.
Coenenchym 204.
Coenosark 204.
Coenurus 240.
Coleopteren 404.
Collare 60.
Collembolen 399.
Collozoum 155.
Colubriformia 514.
Columba 527.
Columbinae 527.
Colymbus 529.
Compsognathus 517.
Condor 531.
Condylarthren 554.
Conjugation 165.
Conochilus 243.
Conus arteriosus 485.
Contractile Vacuole 143.
Copepoden 353.
Corallenthiere 201, 208.
Corallium 207.
Cordylophora 193.
Coregonus 493.
Cormoran 529.
Cornea 100.
Coronula 363.
Correllation 11.
Corrodentien 399.
Corvus 530.
Cotingiden 530.
Cotyledonen 547.
Crangon 378.
Craspedote Meduse 184, 187.
Crassatella 305.
Crassilinguien 511.
Crenilabrus 494.
Creodonten 559.
Crevettinen 369.
Crex 529.
Crinoideen 289.
Crocodilier 516.
Crocodilus 517.
Crossopterygier 491
Crotalus 514.
Crustaceen 348.
Cryptobranchus 502.
Cryptoniscus 371.
Cryptopentamrea 406.
Cteniza 423.
Ctenoidschuppen 474.
Ctenophoren 209.
Ctenoplana 212.
Cubomedusen 200.
Cuculus 530.
Culcita 288.
Culex 412.
Cumaceen 367.
Cunina 194.
Curculionidae 406.
Cursores 526.
Cursoria 401.
Cuticula 59.
Cuvier 12.
Cyamus 370.
Cyclas 312.
Cyclobranchier 323.
Cycloidschuppen 474.
Cyclometopen 379.
Cyclops 355.
Cyclostoma 323.
Cyclostomen 471.
Cydippe 212.
Cygnus 528.
Cymbulia 325.
Cymothocea 371.
Cynips 408.
Cynomorphen 561.
Cynocephalus 561.
Cynthia 270.
Cypraea 323.
Cypridina 360.
Cyprinus 493.
Cypris 360.
Cypselomorphen 530.
Cypselus 530.
Cyrtiden 155.
Cysticercoiden 236.
Cysticercus 234.
Cystid 273.
Cystideen 291.
Cystoflagellaten 162.
Cystonecten 196.
Cytopyge 143.
Cytostom 143.

Dactylopterus 494.
Daphnia 360.
Darmfaserblatt 125.
Darwin (Erasmus) 17.
Darwin (Charles) 19.
Dasselbeulen 413.
Dasypus 548.
Dasyurus 546.
Decapoden 373.
Decapoden 335.
Decidua 547.
Deciduaten 547.
Degeeria 399.
Deima 297.
Delamination 123.
Delphinus 550.

Demodex 425.
Dendrochiroten 297.
Dendrocoelen 223.
Dendrocoelum 223.
Dendrophis 514.
Dens lacerans 558.
Dentalium 327.
Denticete 550.
Dermanyssus 425.
Dermatopteren 402.
Derotremen 502.
Descendenztheorie 15.
Desor'sche Larve 241.
Desoria 399.
Deuteromerit 171.
Diaptomus 355.
Diastylis 367.
Diblasterien 184.
Dibranchiaten 335.
Dickdarm 83.
Dicotyles 552.
Dicyemiden 176.
Didelphier 545.
Didelphys 546.
Didus 527.
Difflugia 158.
Dimyarier 311.
Dinobryon 161.
Dinoflagellaten 161.
Dinornis 526.
Dinosaurier 517.
Dinotherium 555.
Diodon 494.
Diomedea 528.
Diotocardier 323.
Diphyzerk 32, 480.
Diplopoden 383.
Diplozoon 225.
Dipneumones 423, 496.
Dipneusten 495.
Dipteren 411.
Disciden 155.
Discodactylen 503.
Discodermia 183.
Discomedusen 201.
Distomum 226.
Diurni 531.
Dochmius 248.
Doliolum 272.
Domestication 34.
Dorsch 493.
Doris 322.
Doritis 414.
Doryphora 406.
Dotterstock 220.
Draco 511.
Dracunculus 250.
Dreyssena 311.
Drohnen 408.
Dromaeus 526.
Dromedar 553.
Dromia 379.
Dronten 527.
Drosseln 530.
Drüsenepithel 60.
Drüsenmagen 83.
Dünndarm 83.
Dujardin 48.
Dytisciden 406.

Ecardines 278.
Echidna 544.
Echinococcus 239.
Echinodermen 281.
Echinoideen 292.
Echinorhynchus 250.
Echinosphaerites 292.
Echinus 294.
Echiurus 261.
Echsen 510.
Ecitons 409.
Ectoprocten 273.
Edelcoralle 207.
Edelfalke 531.
Edentaten 548.
Edriophthalmen 368.
Effodientien 548.
Egelwürmer 261.
Eichhorn 10.
Eidechsen 511.
Eigenwarme Thiere 89.
Eimeria 172.
Einsiedlerkrebse 378.
Eisvogel 530.
Eizelle 63.
Ektoderm 82, 122.
Ektoparasiten 133.
Ektosark 149.
Elaps 514.
Elasipoden 297.
Elch 554.
Elasmobranchier 486.
Elephas 555.
Elysia 321.
Emys 516.
Encystirung 145.
Endostyl 266.
Enopla 241.
Ente 528.
Entenmuschel 362.
Enteropneusten 264.
Entoderm 82, 122.
Entomostraken 353.
Entoniscus 371.
Entoparasiten 133.
Entophagen 434.
Entoprokten 273.
Entosark 149.
Eohippus 554.
Eozoon 158.
Epeira 424.
Ephemera 401.
Ephippium 359.
Ephyra 199.
Epiblast 123.
Epicrium 504.
Epigenesis 13.
Epistylis 169.
Epithelgewebe 57.
Epithelmuskelzellen 73.
Eporosen 209.
Equus 552.
Erblichkeit 35.
Erinaceus 556.
Ernährung, Organe derselben 80.
Errantien 257.
Esel 552.
Esox 493.
Estheriden 359.
Eucopepoden 355.
Eucrinoiden 291.
Eucyrtidium 156.
Eudendrium 187.
Eudoxia 196.
Euganoiden 490.
Euglena 160, 161.
Euglypha 158.
Eulen (Schmetterling) 414.
Eulen (Vögel) 531.
Eunice 257.
Euphausia 372.
Euplectella 183.
Euryale 288.
Eurystomen 366.
Euspongia 182.
Eustachius 10.
Excretionsorgane 90.
Existenzbedingungen 42.
Exocoetus 494.
Exuvie 340.

Facettenauge 344.
Fadenwürmer 245.
Falco 531.
Fasan 527.
Faulthiere 549.
Favia 209.
Felis 558.
Fierasfer 494.
Filaria 250.
Finken 530.
Finnen 234.
Fischasseln 371.
Fischbein 550.
Fische 473.
Fischotter 558.
Fischreiher 529.
Fissilinguien 511.
Fissipedier 557.
Fissurella 323.
Flagellaten 159.
Flamingo 528.
Fledermäuse 557.
Fleischbeutler 546.
Fliegende Fische 494.
Flöhe 413.
Flohkrebse 368.
Flügelschnecken 325.
Flustra 257.
Foraminiferen 156.
Forelle 493.
Forficula 402.
Formica 409.
Fossorien 408.
Fringilla 530.
Froschlurche 503.
Frugivoren 557.

Fuchs (Vanessa) 414.
Fuchs (vulpes) 558.
Fulgora 410.
Functionswechsel 77.
Fungia 209.
Funiculus umbilicalis 547.
Furchungsprocess 118.
Furcula 520.

Gadus 493.
Galen 9.
Galeodes 419.
Galeopithecus 556.
Gallen 408.
Gallinacei 526.
Gallus 527.
Gamasus 425.
Gammarus 369.
Ganglienknötchen 95.
Ganglienzellen 74.
Ganoiden 489.
Ganoidschuppen 474.
Garneelen 378.
Gasterosteus 494.
Gastrochaeniden 313.
Gastropacha 414.
Gastrophilus 413.
Gastropoden 313.
Gastrovascularsystem 85, 177.
Gastrula 122.
Gaumenkauer 478.
Gavialis 517.
Gecarcinus 379.
Geckonen 511.
de Geer 10.
Gehör 98.
Geisselinfusorien 159.
Geisselkammern 180.
Geisselspinnen 419.
Gelasimus 379.
Gemmulae 183.
Gemse 553.
Generatio spontanea 107.
Generationswechsel 112, 184, 272.
Geocarciniden 379.
Geoffroy St. Hilaire 11, 17.
Geocores 410.
Geodia 183.
Geometra 414.
Geophilus 384.
Geotria 473.
Gephyreen 259.
Geruchsorgane 98.
Geryoniden 194.
Geschlechtsorgane 91.
Geschmacksorgane 98.
Gessner 11.
Gewebe 56.
Geweih 553.
Gigantostraca 366.
Giraffe 553.
v. Gleichen-Russwurm 10.
Gliederfüssler 338.
Gliederspinnen 418.
Glires 555.
Globigerina 158.
Glochidien 318.
Glomeris 384.
Glyptodonten 549.
Gnathobdelliden 263.
Goethe 17.
Goeze 11.
Gonochorismus 92.
Gonophore 191.
Gonotheca 193.
Gordius 250.
Gorgonia 207.
Gorilla 561.
Gradflügler 401.
Grallatores 529.
Gregarinarien 171.
Gressorien 402.
Grew, Nehemia 46.
Gromia 158.
Grus 529.
Gryllus 403.
Gürtelthiere 549.
Gunda 223.
Gymnodonten 494.
Gymnophionen 504.
Gymnorhinen 557.
Gymnosomata 325.
Gymnotus 493.
Gypaëtus 531.

Haarsterne 289.
Haeckel 20.
Haemamoeba 150.
Haementaria 264.
Haemoglobin 69.
Haemopis 264.
Häringe 493.
Häutung 340, 510.
Haifische 486.
Halbaffen 559.
Halicore 549.
Haliommen 155.
Haliotis 323.
Halisarca 183.
Halla 257.
Halteren 411.
Hapale 561.
Hatteria 517.
Hauptkern 164.
Hausen 490.
Haushuhn 527.
Hautfaserblatt 125.
Hechte 493.
Hectocotylus 334.
Helioporiden 207.
Heliozoen 150.
Helix 326.
Hemimetabole Insecten 395.
Hemipteren 410.
Heptanchus 488.
Hermaphroditismus 92.
Herz 86.
Hesperornis 531.
Heterocerk 32, 480.
Heterodera 247.
Heterogonie 112, 228.
Heteromera 406.
Heteromyarier 311.
Heteronom 106.
Heteronomie 340, 431.
Heteropoden 324.
Heteropteren 410.
Heterotrichen 168.
Hexactinelliden 182.
Hexacorallien 207.
Hexanchus 488.
Hexapoden 385.
Hipparion 554.
Hippocampus 495.
Hippokrates 9.
Hippopotamus 552.
Hirn 96.
Hirsche 553.
Hirudineen 261.
Hirudo 263.
Hirundo 530.
Hörner 553.
Holoblastische Eier 120.
Holocephalen 489.
HolometaboleInsecten395.
Holostei 490.
Holothuria 295.
Holotrichen 167.
Homarus 378.
Homaxon 103.
Homo 561.
Homocerk 32.
Homocerkie 480.
Homoiotherme Thiere 89.
Homolog 11.
Homonom 106.
Homopteren 410.
Hormiphora 212.
Hornschwämme 182.
Hühnervögel 527.
Hufthiere 550.
Hummer 378.
Hyaena 558.
Hyalonema 183.
Hydra 193.
Hydrachna 424.
Hydranth 186.
Hydrarien 193.
Hydrocaulus 186.
Hydrocorallinen 193.
Hydrocores 410.
Hydroidpolyp 184.
Hydromedusen 185.
Hydrophiden 514.
Hydrophiliden 406.
Hydorhiza 186
Hydrosauria 514.
Hydrotheca 186.
Hydrozoen 184.
Hyla 503.
Hylobates 561.
Hylodes 503.
Hymenopteren 406.
Hyocrinus 290.
Hyperinen 369.

Hyperoartien 473.
Hyperotreten 472.
Hypoblast 123.
Hypobranchialrinne 268.
Hypoderma (Fliege) 413.
Hypophysis 269, 450.
Hyrax 555.
Hystrix 556.
Hypotrichen 169.
Hyracotherium 554.

Ichneumoniden 408.
Ichthyornithes 531.
Ichthyosaurier 517.
Igel 556.
Iguaniden 511.
Iguanodon 517.
Impennes 529.
Imperforaten 158.
Indeciduaten 547.
Ingluvies 83.
Innocuen 514.
Insecten 385.
Insectivoren 556.
Insessores 525.
Integripalliaten 312.
Intertarsalgelenk 517.
Inuus 561.
Invagination 122.
Irregulares 294.
Iris 100.
Isis 207.
Isolirung, geographische 41.
Isopoden 370.
Iulus 384.
Ixodes 424.

Kabeljau 493.
Käfer 404.
Kältestarre 51.
Käsemilben 425.
Kalkschwämme 181.
Kaltblüter 89.
Kampf um's Dasein 35.
Kaninchen 556.
Karpfen 493.
Karpfenläuse 356.
Kataklysmentheorie 17.
Katallakten 175.
Katarhinen 561.
Kaumagen 83.
Keimblätter 122.
Keimepithel 62.
Keimstock 220.
Kellerasseln 371.
Kiebitz 529.
Kieferegel 263.
Kieferkauer 478.
Kielschnecken 324.
Kiemenfüssler 356.
Kiemen 84.
Kieselschwämme 182.
Kiwi 526.
Klapperschlange 514.
Klettervögel 529.
Knochen 68.
Knochenfische 486, 491.
Knorpel 68.
Knorpelfische 486.
Knorpelganoiden 490.
Knospung 109.
Kolibris 530.
Kohlweissling 414.
Kometenform 285, 287.
Krabben 378.
Krähe 530.
Krätzmilben 425.
Kratzer 250.
Krebse 378.
Krebsthiere 348.
Kreuzotter 514.
Kriechthiere 505.
Kröten 504.
Kropf 83.
Kugelasseln 371.
Kukuke 530.

Laberdan 493.
Labriden 494.
Labyrinthodonten 503.
Lacerta 511.
Lachse 493.
Lämmergeier 531.
Laemodipoden 370.
Läuse 411.
Lagopus 527.
Lama 553.
Lamarck 11.
Lamellibranchiaten 304:
Lamellicornier 406.
Lamellirostres 528.
Lamniden 488.
Languste 378.
Larus 528.
Laterne des Aristoteles 294.
Laubfrösche 503.
Laufkäfer 406.
Laufvögel 526.
Laverania 150.
Leber 84.
Leberegel 228.
Leeuwenhoek 10.
Lemur 560.
Lepas 361.
Lepidopteren 413.
Lepidosaurier 509.
Lepidosiren 496.
Lepidosteus 491.
Lepisma 399.
Leptocardier 468.
Leptodiscus 162.
Leptodora 360.
Leptomedusen 193.
Leptoplana 223.
Leptostraca 367.
Lepus 556.
Lerchen 530.
Lernaea 355.
Lernaeocera 355.
Lernaeopodiden 355.
Leucetta 181.
Leuconen 181.
Leucortis 181.
Leuckart 14.
Libellula 401.
Ligula 237.
Limacina 325.
Limax 326.
Limicolen 258.
Limnadia 359.
Limnaeus 326.
Limnoria 371.
Limulus 364.
Lineus 242.
Linguatuliden 425.
Lingula 278.
Linné 7, 16.
Lippfische 494.
Lithistiden 183.
Lithodomus 311.
Locusta 403.
Löffelstöre 490.
Lohblüthe 159.
Loligo 335.
Longipennes 528.
Lophius 494.
Lophobranchier 494.
Lophogastriden 372.
Lophophor 275.
Lophopoden 275.
Lophyrus 407.
Lota 493.
Loven'sche Larve 254.
Loxosoma 273.
Lucioperca 494.
Lumbricus 258.
Lungen 85.
Lungenschnecken 325.
Lurche 496.
Luscinia 530.
Lutra 558.
Lyell 18.
Lycosiden 423.
Lymphe 69.
Lymphgefässe 89.
Lyonet 11.
Lytta 406.

Machilis 380.
Macrobiotus 426.
Macropus 546.
Macruren 378.
Mactra 305.
Madrepora 209.
Madreporenplatte 282.
Maeandrina 208.
Maifische 493.
Maja 379.
Makrelen 494.
Malacodermen 208.
Malacostraken 366.
Malaien 562.
Malapterurus 493.
Mallophagen 400.
Malpighi 10, 4, 6.
Mammalia 531.
Mammuth 555.

Manatus 549.
Manis 548.
Mantelthiere 265.
Mantis 402.
Margaritana 312.
Marienkäferchen 406.
Marsipobranchier 471.
Marsupialier 545.
Mastigophoren 159.
Mastodon 555.
Mauerasseln 371.
Mauerschwalben 530.
Maulesel 23, 552.
Maulthiere 23, 552.
Maulwurf 556.
Maus 556.
Meckel 17.
Medinawurm 250.
Medusa 187, 197.
Meerkatze 561.
Meerschweinchen 556.
Megalopalarve 377.
Megapodius 527.
Megascelides 258.
Megastoma 161.
Megatherium 549.
Meleagrina 311.
Meloiden 406.
Melopsittacus 530.
Membranaceen 410.
Menobranchus 502.
Menopoma 502.
Menura 530.
Menschenhaie 488.
Mermithiden 250.
Meroblastische Eier 121.
Mesenchym 124.
Mesenterialfilamente 202.
Mesepithel 124.
Mesoblast 123.
Mesoderm 176.
Mesohippus 554.
Metagenesis 112.
Metameren 106.
Metamorphose 126.
Metazoen 176.
Miastor 412.
Microlepidopteren 414.
Microstomum 223.
Migrationstheorie 41.
Milben 424.
Miliola 158.
Millepora 193.
Mimicry 37.
Miohippus 554.
Möven 528.
Mönch 530.
Mohl 48.
Mollusca 299.
Molpadia 297.
Monactinelliden 182.
Monascidien 270.
Monaxonie 103.
Moneren 148.
Monocystis 172.
Monodelphier 547.
Monodon 550.
Mongolen 562.
Monogonie 109.
Monomyarier 311.
Monopneumones 496.
Monopyleen 155.
Monorhinen 471.
Monospermie 116.
Monothalamien 157.
Monotocardier 323.
Monotremen 544.
Montée 493.
Moosthierchen 272.
Mordacia 473.
Morphologie 2.
Moschus 554.
Motten 414.
Mücken 412.
Müller 5.
Muriciden 323.
Mus 556.
Musca 413.
Muscarien 412.
Muschelkrebse 360.
Muschelthiere 304.
Muskelgewebe 71.
Mustela 558.
Mycetes 561.
Mycetozoen 158.
Mygale 423.
Myriapoden 382.
Myrmecophaga 549.
Myrmeleontiden 404.
Mysis 372.
Mysisstadium 377.
Mysticete 550.
Mytilus 311.
Myxidium 173.
Myxine 473.
Myxobolus 173.
Myxomyceten 158.
Myxosporidien 173.
Myxospongien 182.

Nachtigall 530.
Nachtraubvögel 531.
Nachtschwalben 530.
Naegeli 43.
Nagethiere 555.
Naja 514.
Najaden 312.
Nais 258.
Narwal 550.
Nassellarien 155.
Nashorn 552.
Natatores 528.
Nattern 514.
Naupliusstadium 28, 351.
Nautilus 335.
Nearktische Region 141.
Nebalia 367.
Nebenkern 164.
Needham'sche Schläuche 333.
Neger 561.
Nemathelminthen 245.
Nematoden 245.
Nematophoren 183.
Nemertes 242.
Nemertinen 240.
Nemocera 412.
Neomenia 304.
Neotropische Region 140.
Nepa 410.
Nephridien 91.
Neritina 323.
Nervenfasern 74, Nervengewebe 74.
Nesselkapseln 183.
Nestflüchter 525.
Nesthocker 525.
Netzflügler 403.
Neuropteren 403.
Nilpferd 554.
Nierenspritze 302.
Niphargus 369.
Noctiluca 162.
Noctua 414.
Nocturni 531.
Notidaniden 488.
Notopoden 378.
Nudibranchia 322.
Nummuliten 158.

Ocneria 414.
Octocorallien 207.
Octopoden 336.
Octopus 336.
Odontolcen 531.
Odontotormen 531.
Odontornithes 531.
Oegopsiden 335.
Oekologie 3.
Oesophagus 83.
Oestriden 413.
Ohrwürmer 402.
Oikopleura 266.
Oken 13.
Oligochaeten 258.
Olme 502.
Oniscus 371.
Ontogenie 3.
Onychophoren 381.
Opalina 167.
Ophididen 494
Ophidier 512.
Ophioglypha 288.
Ophiothrix 288.
Ophiurideen 288.
Opisthobranchier 321.
Opossum 546.
Orang 561.
Orbitelen 424.
Orchestia 369.
Ordensbänder 414.
Orientalische Region 140.
Ornithodelphier 544.
Ornithopoden 516.
Ornithorhynchus 545.
Orohippus 554.
Orthagoriscus 494.
Orthoneuren 318.

Orthonectiden 176.
Orthopteren 401.
Orycteropus 549.
Oscines 530.
Osphradium 309.
Ostracion 494.
Ostracoden 360.
Ostrea 311.
Otaria 559.
Otis 529.
Ovicellen 274.
Ovipare Thiere 126.
Ovomammalien 544.
Ovovivipare Thiere 126.
Ovis 553.
Oxydactylen 503.
Oxyrhynchen 379.
Oxystomata 379.
Oxyuris 248.

Paarhufer 552.
Pachydermen 552.
Pachytylus 403.
Paedogenesis 110.
Pagurus 378.
Palaeaden 365.
Palaemon 378.
Palaearctische Region 140.
Paläontologie 4.
Palinurus 378.
Paludina 323.
Pancreas 83.
Pantopoden 427.
Panzerkrebse 371.
Papageien 529.
Papiernautilus 336.
Paractis 202.
Paradiesvögel 530.
Paradoxides 366.
Paramaecium 167.
Parasitica 355.
Parasitismus 132.
Parthenogenesis 110.
Passer 530.
Patella 323.
Pauropoden 385.
Pavo 527.
Pecten 311.
Pedalganglion 301.
Pedaten 297.
Pedicellarien 290.
Pedicellina 273.
Pediculaten 494.
Pediculus 411.
Pedipalpen 419.
Pelagia 201.
Pelagische Thiere 141.
Pelamis 514.
Pelecanus 529.
Pelias 514.
Pellicula 163.
Pelobates 504.
Pelomyxa 150.
Peltogaster 363.
Penaeus 378.
Pennatula 207.
Pentacerontiden 288.
Pentacrinus 291.
Pentamera 406.
Petastomum 426.
Pentatomiden 410.
Pentremites 292.
Perameles 546.
Perca 494.
Perdix 527.
Perennibranchiaten 502.
Perforaten 158, 215.
Peridinium 162.
Peripatus 27, 381.
Periphylla 200.
Periplaneta 402.
Periproct 292.
Peripyleen 155.
Perissodactylen 552.
Peristom 292.
Perithoracalraum 267.
Peritrichen 168.
Perla 401.
Perlen 307.
Perlmutterschicht 307.
Peromedusen 200.
Petaurus 546
Petromyzon 473.
Pfau 527.
Pfeilschwänze 364.
Pfeilwürmer 243.
Pferd 552.
Pflanzenbeutler 546.
Pflanzenthiere 177.
Phaeodarien 156.
Phalarocorax 529.
Phalangideen 421.
Phalangista 546.
Phallusia 270.
Pharyngognathen 494.
Pharynx 83.
Phascolomys 546.
Phascolosoma 260.
Phasianus 527.
Phasmiden 402.
Phenacodonten 554.
Philosophie zoologique 18.
Phoca 559.
Phoenicopterus 528.
Pholas 313.
Phoronis 273.
Phronima 369.
Phryganea 404.
Phrynus 419.
Phthirius 411.
Phyllium 402.
Phyllorhinen 557.
Phyllopoden 358.
Phylloxera 411.
Phylogenie 4, 24.
Physalia 196.
Physeter 550.
Physiologie 3.
Physiologus 7.
Physoclisten 493.
Physonecten 196.
Physopoden 401.
Physophora 196.
Physophoriden 196.
Physostomen 493.
Phytophagen 546.
Phytophthiren 410.
Picarien 530.
Pieris 414.
Pilidium 241.
Pimpla 408.
Pinguin 529.
Pinna 311.
Pinnipedier 559.
Pipa 503.
Pisces 473.
Pisidium 312.
Placenta 547.
Placentalier 547.
Placoidschuppen 433.
Placophoren 304.
Plagiostomen 486.
Plagiotremen 509.
Planaria 223.
Planipennien 403.
Plankton 141.
Planorbis 326.
Plasmodien 158.
Plastron 514.
Platanista 550.
Platyhelminthen 219.
Platyrhinen 561.
Plectognathen 494.
Plesiosaurus 517.
Pleurobrachia 212.
Pleurobranchus 322.
Pleurodonten 511.
Pleuronectes 493.
Plictolophus 529.
Plinius 6.
Plumatella 275.
Plumularia 194.
Pluteus 283.
Pneumodermon 325.
Podiceps 529.
Podophrya 171.
Podophthalmen 371.
Podura 399.
Poikilotherme Thiere 88.
Polycelis 223.
Polychaeten 256.
Polycladen 223.
Polyclonia 201.
Polyergus 409.
Polygordius 257.
Polymorphismus 131, 197.
Polynoe 257.
Polyodon 490.
Polyphemiden 360.
Polypen 184.
Polypid 273.
Polypterus 490.
Polyspermie 116.
Polystomella 158.
Polystomum 225.
Polythalamien 158.
Porcellio 371.
Poriferen 178.

Porpita 196.
Porto-Santo-Kaninchen 41.
Postabdomen 310.
Potamiten 516.
Pottwal 550.
Praya 196.
Priapulus 261.
Primaten 560.
Prismenschicht 307.
Pristis 488.
Proboscidier 554.
Procellaria 528.
Proctodaeum 82.
Procyon 558.
Proechidna 544.
Proglottis 231.
Promorphologie 103.
Prosimien 559.
Prosobranchier 322.
Prosopygier 261.
Proteroglyphen 514.
Proteus 502.
Protisten 146.
Protohippus 554.
Protomerit 171.
Protomyxa 149.
Protonephridien 90.
Protoplasma 48.
Protopterus 496.
Protozoen 142.
Protracheaten 381.
Protrochula 219.
Pseudonavicellen 172.
Pseudoneuropteren 399.
Pseudopodien 146.
Pseudopus 511.
Pseudoscorpionideen 420.
Psittacus 530.
Psociden 400.
Psorospermien 173.
Pteraspiden 490.
Pterodactylus 517.
Pteromys 556.
Pteropoden 325.
Pteropus 557.
Pterosaurier 517.
Pterotrachea 334.
Pterygotus 366.
Pulex 413.
Pulmonaten 325.
Pupiparen 413.
Purpurschnecken 353.
Putorius 558.
Pycnogonum 427.
Pyrosoma 270.
Python 514.
Pythonomorphen 517.

Quadrula 158.
Quappe 493.

Radialsymmetrie 104.
Radiaten 177, 281.
Radiolarien 152.
Radula 317.
Räderthiere 242.
Rainey-Miescher'sche Schläuche 173.
Raja 488.
Rallus 529.
Ramphastus 530.
Rana 504.
Rangifer 554.
Rankenfüssler 360.
Raptatores 530.
Rasse 20.
Ratiten 526.
Ratte 556.
Raubthiere 557.
Raubvögel 530.
Ray 7, 16.
Réaumur 10.
Rebhuhn 527.
Reblaus 411.
Redia 227.
Regenwürmer 258.
Regulares 284.
Reh 553.
Renken 493.
Rennthier 554.
Reptilien 505.
Retina 100
Rhabditis 247.
Rhabdocoelen 223.
Rhabdonema 247.
Rhea 526.
Rhinocerontiden 552.
Rhinoceros 552.
Rhinodontiden 488.
Rhinolophus 557.
Rhizocephaliden 363.
Rhizocrinus 291.
Rhizopoden 146.
Rhizostoma 201.
Rhizostomeen 201.
Rhodites 408.
Rhombus 494.
Rhopaloceren 414.
Rhopalonema 194.
Rhynchites 406.
Rhynchobdelleenen 4.
Rhynchocephaliden 264, 517.
Rhynchoten 409.
Rhytina 550.
Richtungskörperchen 114.
Riesenkänguruh 546.
Riesenschlangen 514.
Rindenläuse 411.
Ringelnatter 514.
Ringelwürmer 251.
Rippenquallen 209.
Rochen 489.
Rodentien 555.
Rösel von Rosenhof 10.
Rostellum 231.
Rotalia 158.
Rotatorien 242.
Ruderfüssler 353.
Rudisten 312.
Rugosen 209.
Rückenmark 96.
Rüsselegel 264.
Rüsselkäfer 406.
Ruminantien 553.
Rundspinnen 421.
Rundwürmer 245.

Sabella 257.
Sacconereis 255.
Sacculina 363.
Saenuris 258.
Sägefische 494.
Säugethiere 531.
Sagitta 243.
Saibling 493.
Salamandra 502.
Salinella 176.
Salmo 493.
Salpa 272.
Salpaeformes 270.
Saltatorien 402.
Saltigraden 423.
Sarcocystis 173.
Sarcophilus 546.
Sarcopsylla 413.
Sarcoptes 425.
Sarcorhamphus 531.
Sarcosporidien 173.
Sardine 493.
Saturnia 414.
Saugnäpfe 231.
Saugwürmer 223.
Saurier 510.
Saururen 531.
Savigny 11.
Scansores 529.
Scaphopoden 326.
Schaeffer 10.
Schaf 553.
Schalendrüse 350.
Schellfische 493.
Schildkröten 515.
Schildläuse 411.
Schildpatt 515.
Schimpanse 561.
Schizopoden 372.
Schlangen 512.
Schleiden 47.
Schleiereule 531.
Schmetterlinge 413.
Schnabelkerfe 409.
Schnabelthiere 544.
Schnecken 313.
Schneehuhn 527.
Schnepfenvögel 429.
Schnurwürmer 240.
Scholle 494.
Schreivögel 530.
Schultze, Max 14, 48.
Schwämme 178.
Schwärmer 414.
Schwalben 530.
Schwan 528.
Schwann 47.
Schwanzlurche 502.
Schwein 553.

Schwertfische 494.
Schwimmfuss 350.
Schwimmvögel 528.
Scincoideen 511.
Sciurus 556.
Sclera 100.
Sclerodermen 208, 494.
Sclerophyllia 209.
Scolex 231.
Scoleciden 219.
Scolependra 385.
Scomber 494.
Scomberesociden 494.
Scorpio 420.
Scorpioniden 419.
Scyphomedusen 196.
Scyphopolyp 196.
Scyphostoma 196.
Sedentarien 257, 423.
Seebarsche 494.
Seeigel 292.
Seenadel 495.
Seepferdchen 495.
Seerosen 208.
Seewalzen 294.
Segestria 423.
Segmentalorgane 91, 217.
Segmentirung 106.
Selache 488.
Selachier 486.
Semaeostomen 201.
Sepia 335.
Serosa 547.
Serpula 257.
Serranus 494.
Sertularia 194.
v. Siebold, Carl Theodor 15.
Silicispongien 182.
Silurus 493.
Simia 561.
Singcicaden 410.
Sinnesepithel 65.
Sinnesorgane 97.
Sinupalliaten 312.
Siphoniaten 312.
Siphonophoren 194.
Sipunculus 261.
Siredon 503.
Siren 502.
Sirenia 549.
Sirex 408.
Solea 494.
Solen 312.
Solenogastres 304.
Solenoglyphen 514.
Solpuga 418.
Sommereier 358.
Sonnenthierchen 150.
Sorex 556.
Spaltfuss 349.
Spanische Fliege 406.
Spanner 414.
Spatangus 294.
Spatulariden 490.
Spechte 530.
Sperling 530.
Spermatozoen 64.
Sphaeridien 282.
Sphaerogastres 421.
Sphaeroma 371.
Sphaerophrya 171.
Sphaerozoum 155.
Sphex 408.
Sphinx 414.
Spinaciden 488.
Spinnen 415.
Spinnenthiere 415.
Spinner 414.
Spinnwarzen 422.
Spirographis 257.
Spirula 335.
Spitzmaus 556.
Spongien 178.
Spongilla 182.
Sporocystis 227.
Sporosacs 191.
Sporozoen 171.
Springwurm 248.
Sprotten 493.
Spulwurm 247.
Spumellarien 155.
Squalides 487.
Squamipennes 494.
Squatina 488.
Squilla 373.
Staatenbildung 131.
Stachelhäuter 281.
Statoblasten 275.
Stauromedusen 200.
Steganopodes 529.
Stegocephalen 503.
Steinbock 553.
Steinbutt 494.
Steinadler 531.
Steincanal 282.
Stelleroideen 288.
Stelmatopoden 275.
Stemma 344.
Stenops 560.
Stentor 168.
Stephalia 195.
Stephoideen 156.
Sterlet 490.
Stichling 494.
Stockbildung 130.
Stockfisch 493.
Störe 490.
Stomatopoden 372.
Stomodaeum 82.
Strandläufer 529.
Strausse 526.
Strepsipteren 404.
Strickleiternervensystem 96.
Stridulantien 410.
Strigops 530.
Strix 531.
Strobila 199, 230.
Strongylus 248.
Strudelwürmer 221.
Struthio 526.
Stützlamelle 185.
Stylaster 193.
Stylochus 222.
Stylommatophoren 326.
Stylonychia 170.
Stylops 404.
Subungulaten 555.
Suctorien 170.
Sus 553.
Swammerdam 10.
Sycandra 180.
Sycon 181.
Sylvia 530.
Symbiose 134.
Sympathische Färbung 37.
Symphylen 385.
Synapta 297.
Synascidien 270.
Syncytien 55, 144.
Syngnathus 495.
Syrinx 523.
Syrnium 531.

Tabanus 412.
Taenia 238.
Tagfalter 415.
Tagraubvögel 531.
Talpa 556.
Tanais 371.
Tannystomen 412.
Tapirus 552.
Tarantula 423.
Tardigraden 426.
Tarsius 560.
Tastorgane 97.
Tatusia 534.
Tauben 527.
Tausendfüsse 382.
Tectibranchien 322.
Tegeneria 423.
Teichmuscheln 312.
Teleostier 491.
Tellina 312.
Telyphonus 419.
Tenthrediniden 407.
Terebella 257.
Terebrantien 407.
Terebratula 278.
Teredo 313.
Termiten 399.
Terricolen 258.
Tesselaten 291.
Testicardines 278.
Testudo 516.
Tethyodeen 267.
Thethys 322.
Tetrabranchiaten 335.
Tetractinelliden 183.
Tetracorallien 209.
Tetraxonier 182.
Tetrameren 406.
Tetrao 527.
Tetrapneumones 422.
Tetrarhynchus 237.
Tetrastemma 242.
Thalamophoren 156.

Thalassicolla 155.
Thalassiten 516.
Thaliaceen 270.
Thecosomata 325.
Theilung 109.
Theromorphen 517.
Theropoden 517.
Thiergeographie 33, 137.
Thoracostraca 371.
Thrips 401.
Thunfisch 494.
Thylacinus 546.
Thynnus 494.
Thysanopteren 401.
Thysanozoon 223.
Thysanuren 399.
Tiara 189.
Tiefseefauna 141.
Tillodontien 556.
Tinea 414.
Tintenfische 327.
Tipula 412.
Tocogonie 109.
Tornaria 265.
Torpedo 488
Tortrix 414.
Toxodontien 556.
Toxopneustes 294.
Tracheaten 379.
Tracheenlungen 417.
Trachymedusen 194.
Trachynemiden 194.
Trappe 529.
Trematoden 223.
Triaxonier 182.
Triceratops 517.
Trichechus 559.
Trichina 249.
Trichocephalus 248.
Trichodectes 400.
Trichomonas 161.
Trichoplax 175.
Trichopteren 404.
Trichotracheliden 248.
Tricladen 223.
Tridacna 312.
Trigla 494.
Trilobiten 365.
Trimeren 406.
Trionyx 516.
Triton 502.
Trochiliden 530.
Trochophora 219.
Trochus 323.
Troctes 400.
Troglodytes 561.
Trombidium 424.
Tropidonotus 594.
Trutta 493.
Tubicolen 257.
Tubificiden 258.
Tubitelen 423.
Tubularia 193.
Tubularien 193.
Tubiporiden 207.
Tukane 530.
Tunicaten 265.
Turbellarien 221.
Turdiden 530.
Tylenchus 247.
Tylopoden 553.
Typentheorie 12.
Typhlops 514.
Tyranniden 530.
Tyroglyphus 425.

Uebung 42.
Uhu 531.
Ungulaten 550.
Unio 312.
Unke 504.
Urdarm 81.
Urflügler 399.
Urinsecten 398.
Urinatores 529.
Uroceriden 407.
Urodelen 502
Urogenitalsystem 91.
Ursus 558.
Urthiere 142.
Urzeugung 107.

Vagabunden 423.
Valvata 323.
Vampyrus 557.
Vanellus 529.
Vanessa 414.
Varanus 511.
Varietät 20.
Variabilität 35.
Vegetative Organe 80.
Velella 196.
Veligerlarve 302.
Velum 187.
Venen 86.
Venus 312.
Vererbung 117.
Vermes 215.
Vermilinguien 512.
Vertebraten 431.
Vervollkommnungsprincip 43.
Vesal 9.
Vesparien 408.
Vespertilio 557.
Vibracularien 274.
Viperiden 514.
Visceralganglion 301.
Vivipare Thiere 126.
Vögel 518.
Vogelspinnen 422.
Volvox 161.
Vorticella 169.
Vultur 531.

Wabenkröte 503.
Warmblüter 89.
Wärmestarre 50.
Wagner, Moritz 41.
Waldheimia 278.
Wallace 19.
Walthiere 549.
Walzenspinnen 418.
Wanzen 410.
Wasserasseln 371.
Wasserfrösche 504.
Wassergefässe 90, 217.
Wasserlungen 296.
Watvögel 529.
Webspinnen 421.
Wechselwarme Thiere 89.
Weichthiere 299.
Welse 493.
Wespen 408.
Wildente 528.
Wildgans 528.
Wimperinfusorien 163.
Wintereier 358.
Wirbelthiere 431.
Wisent 553.
Wolf 558.
Wolff, Caspar Friedrich 13.
Wotton 7.
Wrisberg 10.
Würmer 215.
Wurzelfüssler 146.

Xiphias 494.
Xiphosuren 374.

Zahnlücker 548.
Zander 494.
Zecken 424.
Zelle 46.
Zellkern 51.
Zellentheorie, Geschichte derselben 46.
Zeuglodonten 550.
Ziege 553.
Zitterrochen 489.
Zitterwels 493.
Zoantharien 207.
Zoarces 494.
Zoëa 352.
Zoophagen 546.
Zoophyten 177.
Zuchtwahl 34.
Zunge 494.
Zungenwürmer 425.
Zweiflügler 411.
Zwergmännchen 243, 362.
Zwitterdrüse 92.
Zygaena 488.
Zygobranchier 323.

Lippert & Co. (G. Pätz'sche Buchdr.), Naumburg a/S.

